

DOI: 10.15393/j2.art.2024.8083

УДК 630*

Статья

Обоснование необходимости исследования воздействия валочно-трелёвочно-процессорных машин на почвогрунты лесосек на склонах

Кривошеев Андрей Александрович

*аспирант, Ухтинский государственный технический университет
(Российская Федерация), igtukrivosheev@mail.ru*

Швецов Александр Сергеевич

начальник учебной лаборатории 2-й кафедры боевого применения авиационного вооружения, Филиал Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» в г. Сызрань (Российская Федерация), Kapitan2304@yandex.ru

Бурмистрова Ольга Николаевна

доктор технических наук, профессор, Ухтинский государственный технический университет (Российская Федерация), olga.burm@mail.ru

Григорьев Игорь Владиславович

доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет (Российская Федерация), silver73@inbox.ru

Ревяко Сергей Иванович

кандидат технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация), revyako77@mail.ru

Охлопкова Марфа Константиновна

кандидат технических наук, доцент, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова (Российская Федерация), otk1268@mail.ru

Получена: 20 августа 2024 / Принята: 19 ноября 2024 / Опубликовано: 25 ноября 2024

Аннотация: В современных экономических и политических условиях валочно-трелёвочно-процессорные машины австрийской семейной компании Konrad Forsttechnik GmbH становятся для российских лесозаготовительных компаний

одним из немногих доступных вариантов качественных колёсных лесозаготовительных машин, конструктивно приспособленных для рубок лесных насаждений на склонах. В настоящее время в Иркутской области проводятся производственные испытания эксплуатационной эффективности работы таких машин, но, к сожалению, не уделяется внимания экологической эффективности их эксплуатации. В статье обосновывается необходимость теоретического и экспериментального изучения негативного воздействия колёсных валочно-трелёвочно-процессорных машин на почвогрунты лесосек на склонах на основании анализа развития конструкций лесозаготовительных машин, технологических вариантов их использования, анализа современных научных работ в данной области. На основе обзора и анализа научной литературы, а также данных Национальной ассоциации лесопромышленников «Русский лес» и ассоциации производителей машин и оборудования лесного комплекса «Лестех» показано, что валочно-трелёвочно-процессорные машины австрийской семейной компании Konrad Forsttechnik GmbH имеют очень хорошие перспективы широкого применения в различных природно-производственных условиях, где работают лесозаготовительные предприятия России, прежде всего на пересечённой местности.

Ключевые слова: лесосечные работы; леса на склонах; экологическая эффективность; воздействие на почвогрунты; лесозаготовительные машины

DOI: 10.15393/j2.art.2024.8083

Article

Substantiation of the need to study the impact of felling-skidding-processing machines on the soils of cutting areas on the slopes

Andrey Krivosheev

Ph. D. student, Ukhta State Technical University (Russian Federation), ugtukrivosheev@mail.ru

Alexander Shvetsov

Head of the Training Laboratory of the 2nd Department of Combat Use of Aviation Weapons, Branch of the Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin» in Syzran (Russian Federation), Kapitan2304@yandex.ru

Olga Burmistrova

D. Sc. in engineering, professor, Ukhta State Technical University (Russian Federation), olga.burm@mail.ru

Igor Grigorev

D. Sc. in engineering, professor, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation), silver73@inbox.ru

Sergey Revyako

Ph. D. in engineering, associate professor, Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute, Don State Agrarian University (Russian Federation), revyako77@mail.ru

Marfa Okhlopkova

Ph. D. in engineering, associate professor, Northeastern Federal University named after M. K. Ammosov (Russian Federation), omk1268@mail.ru

Received: 20 August 2024 / Accepted: 19 November 2024 / Published: 25 November 2024

Abstract: In modern economic and political conditions the felling-skidding-processing machines of the Austrian family company Konrad Forsttechnik GmbH are becoming one of the few available options for Russian logging companies to use high-quality wheeled logging machines structurally adapted for logging forest plantations on slopes. Currently, production tests of the operational efficiency of such machines are being

conducted in the Irkutsk region, but, unfortunately, no attention is paid to the environmental efficiency of their operation. The article substantiates the need for a theoretical and experimental study of the negative impact of wheeled felling-skidding-processing machines on the soils of logging sites on slopes. The study should be based on an analysis of the development of logging machine designs, technological options for their use, and an analysis of modern scientific research in this field. Based on the review and analysis of scientific literature, data from the National Association of Timber Manufacturers «Russian Forest», and the Association of manufacturers of machinery and equipment of the Lestech forest complex, it is shown that the felling-skidding-processing machines of the Austrian family company Konrad Forsttechnik GmbH have very good prospects for wide distribution in various natural production conditions of logging enterprises in Russia, mainly in rough terrain conditions.

Keywords: logging operations; forests on slopes; environmental efficiency; impact on soils; logging machines

1. Введение

Пятый пакет санкций Евросоюза, а также санкции других недружественных стран привели к тому, что российским лесозаготовительным компаниям стало крайне сложно обновлять парк лесных машин и поддерживать в работоспособном состоянии имеющиеся лесные машины, поскольку в подавляющем большинстве они производятся на территории указанных стран [1—5]. Несмотря на многолетние и многочисленные призывы и программы развития отечественного лесного машиностроения, практически полностью уничтоженного в постсоветские годы, Российская Федерация оказалась не готова к сложившейся ситуации, в отличие от отрасли сельскохозяйственного машиностроения [6—10].

Большая часть крупных и средних лесозаготовительных предприятий России, заготавливающих более половины всего объёма древесины, и даже многие мелкие лесозаготовительные предприятия не готовы возвращаться к системе машин, предусматривающей механизированную валку, обрезку сучьев и раскряжёвку [11—13]. Отечественные предприятия лесного машиностроения, а также аналогичные предприятия дружественных стран не способны в должной мере на современном этапе заместить освободившуюся нишу отечественного рынка лесных машин [14—16]. При этом все хорошо понимают, что так называемый «параллельный импорт» не может быть оптимальным выходом из ситуации. Отечественные лесозаготовительные компании за почти четверть XXI в. привыкли работать на высокопроизводительных колёсных многооперационных машинах по сортиментной технологии и, как сказано выше, не готовы отказываться от этой практики.

Белорусская компания «Амкодор» и её российская дочерняя компания «Амкодор-Онего» не предлагают в настоящее время колёсные лесные машины, достаточно конкурентные по качеству ушедшим Ponsse, John Deere, Rottne, Komatsu Forest и т. д.

Заявляемые в последнее время к производству колёсные лесные машины ПАО «Камаз» также маловероятно достигнут в обозримом будущем уровня качества продукции ушедших иностранных компаний. А с учётом отсутствия опыта в производстве таких машин, скорее всего, ПАО «Камаз» для начала придётся догонять по уровню качества выпускаемых машин компанию «Амкодор» [14—16]. И пока речь идёт только о машинах, предназначенных для проведения рубок лесных насаждений в равнинных условиях.

Если учесть тот факт, что значительная часть запасов спелой и перестойной древесины (особенно в Сибири и на Дальнем Востоке) находится в районах с пересечённой местностью, для эффективной работы в которой нужны специальные машины [17—21], то становится очевидной необходимость активного поиска доступных в настоящее время для российских лесозаготовительных компаний систем машин, способных конкурировать с ушедшими из-за санкционной войны иностранными производителями и показывать хорошую эксплуатационную и экологическую эффективность не только на равнинной, но и на пересечённой местности.

Учёными и специалистами Петрозаводского государственного университета во главе с доктором технических наук, профессором И. Р. Шегельманом были разработаны концепты универсальной лесозаготовительной машины — валочно-трелёвочно-процессорной (ВТПМ), на колёсном и гусеничном тракторном шасси Онежского тракторного завода [22—27], и обоснованы оптимальные режимы их работы в различных природно-производственных условиях. К сожалению, в реальности они так и не были воплощены.

Но в настоящее время в Российскую Федерацию, несмотря на санкции, успешно поставляются колёсные ВТПМ австрийской семейной компании Konrad Forsttechnik GmbH. С 2023 г. они проходят производственные испытания в Сибирском федеральном округе. Эти испытания проводятся дилером данной компании ООО «КОНРАД РУССЛАНД», офис которой находится в Иркутске. Результаты производственных испытаний этих машин показывают высокую степень эксплуатационной эффективности и безопасности работы как в равнинных условиях, так и на пересечённой местности [28—32].

В то же время многочисленные труды зарубежных и отечественных учёных, а также практика отечественных лесозаготовительных предприятий, осваивающих участки лесного фонда по договорам аренды, показывают, что помимо эксплуатационной эффективности лесных машин очень важной характеристикой является их экологическая эффективность. При проведении упомянутых производственных испытаний, к сожалению, внимание такому аспекту практически не уделяется. Этот момент ложится в основу актуальности темы настоящей работы. Отметим, что исследованию показателей экологической эффективности лесных машин и технологий их применения в различных природно-производственных условиях, прежде всего с точки зрения негативного воздействия лесных машин и трелёвочных систем на их базе на почвогрунты лесосек, посвящены труды многих учёных лесотехнических, политехнических и сельскохозяйственных вузов. В настоящее время ведущие позиции в исследуемом вопросе занимает научная школа «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Вместе с тем значительных комплексных исследований в области экологической эффективности эксплуатации колёсных лесных машин на склонах, особенно учитывающих особенности компоновки и работы ВТПМ, при анализе отечественной и зарубежной научной литературы обнаружить не удалось. В существенной проработке, прежде всего, нуждается ряд вопросов, а именно: ВТПМ компании Konrad Forsttechnik GmbH могут иметь колёсную формулу 4 к 4, 6 к 6 и 8 к 8. Машины с колёсной формулой 6 к 6 представляются наиболее оптимальным вариантом, поэтому можно предположить, что именно они будут более предпочтительны для отечественных лесозаготовительных компаний. При этом физическая картина воздействия отдельного моста машины 6 к 6 будет отличаться от воздействия моста тандемного, тем более, если тандемный мост будет оснащён колёсными моногусеницами. Более того, можно утверждать, что воздействие колёсного движителя на почвогрунты лесосек на склонах ещё является не до конца изученным, что хорошо видно по самым современным

публикациям. Помимо этого, ВТПМ в процессе трелёвки представляет собой трелёвочную систему, у которой деревья или хлысты закреплены в полупогруженном положении, что требует учёта воздействия на почвогрунты и волочащейся части трелюемой пачки. Всё это обуславливает необходимость теоретического и экспериментального изучения несколько отличной картины воздействия колёсных ВТПМ на лесные почвогрунты на склонах.

В свете сказанного выше тематика настоящей работы, направленная на обоснование необходимости исследования показателей процесса взаимодействия современных колёсных ВТПМ и трелёвочных систем на их базе с лесными почвогрунтами на склонах, представляется актуальной как для теории, так и практики лесозаготовительного производства.

2. Материалы и методы

Российская Федерация, как правопреемница СССР, имеет очень богатый, к сожалению практически полностью утраченный, опыт разработки и производства лесных машин [32—35]. Именно в СССР сразу после Великой Отечественной войны под руководством доктора технических наук, профессора, лауреата Сталинской премии С. Ф. Орлова был разработан и поставлен на производство первый в мире специальный трелёвочный трактор КТ-12 (фото 1), который с полным правом можно считать первой специальной лесной машиной. Он был призван решить проблему наиболее энергоёмкой и малопроизводительной операции лесосечных работ — трелёвки [36], [37].

В качестве базы для этой машины был взят трофейный немецкий трактор-кабелеукладчик, у которого были высоко подняты передние и задние катки гусеничного движителя, чтобы он мог успешно преодолевать типичные лесные препятствия — пни, камни, стволы поваленных деревьев и т. д. С того времени это удачное техническое решение отечественных конструкторов позволяет визуально отличить гусеничный движитель специальных лесных машин от гусеничных движителей сельскохозяйственных или промышленных тракторов. Данный трактор был оборудован газогенераторным двигателем, работавшим на древесных чурках. В послевоенный период, когда остро не хватало бензина и солярки, а значительная часть ресурсов уходила на восстановление разрушенной войной страны, это было очень эффективным инженерным решением [38].

По современной классификации трелёвочных тракторов КТ-12 относится к гусеничным, чокерным, выполняющим трелёвку деревьев или хлыстов в полупогруженном положении [39], [40]. Надо отметить, что техническое решение скользяще-чокерного технологического оборудования трелёвочного трактора с не принципиальными изменениями успешно дошло до наших дней и по-прежнему остаётся самым дешёвым и лёгким вариантом технологического оснащения трелёвочной техники [41].

В дальнейшем, также под руководством С. Ф. Орлова, выполнялся большой объём НИОКР по совершенствованию конструкции трелёвочных тракторов, разработке и постановке на производство концептуально новых моделей [37].



Фото 1. Первый в мире специальный трелёвочный трактор КТ-12 [37]

Photo 1. The world's first special skidding tractor КТ-12 [37]

Как известно, с чокерными тракторами работают два человека — тракторист (машинист) и чокеровщик. Труд чокеровщика физически тяжёл, травмоопасен и в своё время относился к низкоквалифицированному, т. е. плохо оплачиваемому. В рамках общей политики механизации и машинизации производства в СССР под руководством С. Ф. Орлова были разработаны и поставлены на производство первый в мире бесчокерный трелёвочный трактор — ТБ-1 и его последующие модификации — ТБ-1М и др. [37], [39]. Для своего времени бесчокерные трелёвочные тракторы были настоящим техническим прорывом. Но, к сожалению, во время их постановки на производство не учли возможности выпуска в СССР необходимых для этих тракторов гидроманипуляторов.

Первые трелёвочные тракторы имели двухместные кабины, чтобы в них могли сидеть и тракторист, и чокеровщик, например, при переезде на следующую пашку. Но начиная с тракторов ТДТ-55А, трелёвочная техника Онежского тракторного завода (ОТЗ) получила одноместные кабины (фото 2), поскольку считалось, что в дальнейшем все тракторы будут бесчокерными. Но мощностей, необходимых для производства достаточного количества гидроманипуляторов, не хватило [37].

Аналогичные по составу технологического оборудования тракторам ОТЗ производил Алтайский тракторный завод (АТЗ), чокерные тракторы он выпускал под маркой ТТ-4, бесчокерные — под маркой ЛП-18Г. АТЗ располагался в городе Рубцовске (Алтайский край), и, исходя из географии его расположения, производимые им тракторы имели большую мощность двигателя и предназначались для разработки лесов с объёмом хлыста более $0,4 \text{ м}^3$, которые преобладают в Сибири и на Дальнем Востоке. Кроме более мощного двигателя,

некоторых отличительных моментов в трансмиссии (например, планетарный механизм поворота у тракторов АТЗ в отличие от фрикционного у тракторов ОТЗ), принципиально по использованию в технологическом процессе лесосечных работ чокерные и бесчокерные тракторы ОТЗ и АТЗ друг от друга не отличались [42].



Фото 2. Бесчокерный трелёвочный трактор [36]

Photo 2. A chockerless skidding tractor [36]

Параллельно с производством и совершенствованием наиболее насущно необходимых в те годы трелёвочных машин были начаты разработки первых лесозаготовительных машин, предназначенных для валки деревьев. Это направление НИОКР было обусловлено тяжестью и высоким травматизмом вальщиков леса, несмотря даже появившиеся тогда в лесу и весьма передовые для своего времени специализированные бензиномоторные пилы «Дружба» [43].

Первой серийной лесозаготовительной машиной СССР стала гусеничная, фронтальная, узкозахватная валочная машина ВМ-4 (рисунок 1), созданная на базе трактора ТТ-4. Будучи фланговой узкозахватной, ВМ-4, обычно, разрабатывала лесосеку сплошной рубкой узкими лентами по кругу. Остановившись у очередного дерева, оператор опускал на землю консольное цепное срезающее устройство (для максимально возможного снижения высоты оставляемого пня), опускал на землю перекидной рычаг, подпирали дерево сталкивающим рычагом (чтобы во время пиления пильную гарнитуру не зажал в пропиле под весом дерева). После выполнения пропилы сталкивающий рычаг валил дерево на рычаг перекидной, который затем перебрасывал комлевую часть через машину (направо) для обеспечения возможности машине зайти на следующую ленту. Если трелёвочной техники хватало, чтобы оперативно убирать поваленные деревья, то перекидной рычаг мог в действие и не вводиться, что сокращало время цикла и повышало производительность [44].

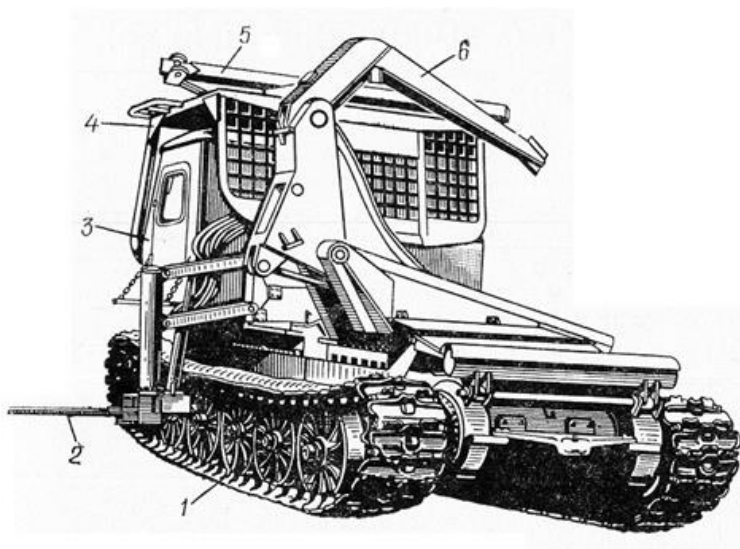


Рисунок 1. Гусеничная, фронтальная, узкозахватная валочная машина VM-4: 1 — гусеничный движитель; 2 — консольное цепное срезающее устройство; 3 — кабина; 4 — защита кабины; 5 — сталкивающий рычаг; 6 — перекидной рычаг [44]

Figure 1. Tracked, frontal, narrow-cut felling machine VM-4: 1 — tracked mover; 2 — cantilever chain shearing device; 3 — cabin; 4 — cabin protection; 5 — colliding lever; 6 — swing lever [44]

Для своего времени VM-4 была достаточно передовой, конечно, она не могла сохранять подрост, не могла работать на выборочных рубках [45]. Но в те времена это не считалось большой проблемой — доминировали сплошные, в большей части концентрированные рубки. Главной проблемой VM-4 было то, что используемый в её конструкции способ валки (без захвата дерева и без направляющего подпила) в большей части случаев приводил к существенным отщепам (сколам) в комлевой (наиболее товарно ценной) части деревьев. Был выполнен значительный объём НИОКР для решения данной проблемы, но до конца она так решена и не была [44], [46].

Пока проводилась доработка валочного узла VM-4, на её базе была создана первая валочно-трелёвочная машина (ВТМ) — VM-4А (рисунок 2). Логика её разработки была очевидна: если машина может выполнять валку деревьев, то пусть она вместо перекидывания комлевой части грузит их на себя (в полупогруженном положении, как чокерные и бесчокерные тракторы), а собрав полную пачку, трелюет на верхний склад. Тогда отпадает необходимость в отдельных трелёвочных тракторах, уменьшается потребность в персонале [44]. Как видно из рисунка 2, машина VM-4А представляла собой машину VM-4 с добавленным в её конструкцию (за кабину) кониковым зажимом. В таком

варианте перекидной рычаг уже не перебрасывал комлевую часть дерева через машину, а укладывал её в заранее раскрытый коник. Её базой также служил трактор ТТ-4 [44].



Рисунок 2. Гусеничная, фронтальная, узкозахватная ВТМ VM-4А [44]

Figure 2. Tracked, frontal, narrow-cut VТM VM-4A [44]

В принципе можно говорить о том, что в виде VM-4A в СССР создали первую универсальную лесозаготовительную машину, если считать, что в дальнейшем вывозка заготовленной древесины производилась в деревьях, а погрузку на лесовозный транспорт выполняли методом самопогрузки.

Но в связи с тем, что срезающее устройство и принцип сталкивания дерева с пня у VM-4A относительно VM-4 практически не изменился, проблемы с частым возникновением сколов в комлевой части заготавливаемых деревьев остались, как осталась и экологическая проблема их использования — невозможность сохранения подроста [46], [47]. И постепенно эти машины были сняты с производства и эксплуатации. Правда, уже в XXI в. Абаканский машиностроительный завод заявлял производство ВТМ VM-4Б, визуально похожей на машину VM-4A, но, как показал анализ данных различных лесозаготовительных предприятий, включая интервьюирование их представителей, а также анкетных данных, полученных благодаря любезной помощи Национальной ассоциации лесопромышленников «Русский лес», в лесу ВТМ VM-4Б так и не появились. Это позволяет утверждать, что эпоха узкозахватных фланговых VM и ВТМ окончательно ушла в прошлое. Но сама концепция ВТМ оказалась достаточно интересной: она позволяла минимизировать количество машин и персонала при практически полной механизации самых тяжёлых и травмоопасных операций лесосечных работ — валки и трелёвки деревьев.

Следующим поколением ВТМ стали гусеничные, фланговые, широкозахватные машины — ЛП-17 (на базе ТБ-1), ЛП-49 (на базе ЛП-18Г) (фото 3) и ряд других, которые имели одинаковый состав технологического оборудования [44]. Они создавались на базе бесчokerных трелёвочных тракторов, только на свободном конце гидроманипулятора у них устанавливался не грейферный захват, а захватно-срезающее устройство (ЗСУ). Благодаря этому они могли валить деревья (слева от себя по ходу движения) и укладывать их в кониковый зажим. После набора полной пачки деревьев они трелевали её на верхний склад или могли сбросить, например, на пасеке или у магистрального трелёвочного волока и продолжить набор следующей пачки, т. е. могли работать в режиме валка — пакетирование. Благодаря наличию ЗСУ, которое удерживало дерево во время пиления, проблема возникновения сколов в комлевой части заготавливаемых деревьев была решена.



Фото 3. ВТМ ЛП-49 [44]

Photo 3. VTM LP-49 [44]

Широкозахватные ВТМ уже могли сохранять подрост, хотя и не могли производить выборочные рубки. Их основной проблемой была их собственная большая масса вместе с массой технологического оборудования, которая существенно снижала полезную грузоподъёмность, а следовательно, повышала коэффициент тары машины, тем самым снижая производительность и повышая удельный расход топлива (л/м³/км) [48], [49]. Вдобавок к этому гидроманипулятор и ЗСУ, особенно элементы их гидропривода, плохо переносили частую транспортировку по лесосеке с пачкой [50], поэтому, как показали

результаты обследования предприятий-пользователей этих машин, они всё чаще использовались в режиме валка — пакетирование.

В те годы хорошо известное НПО «Силава» уже создало первую в мире валочно-пакетирующую машину (ВПМ) ЛП-2 «Дятел» (фото 4), базой для которой послужил трактор ТДТ-55А [51].



Фото 4. ВПМ ЛП-2 «Дятел» [51]

Photo 4. VPM LP-2 Woodpecker [51]

Как видно из сравнения машин на фото 3 и 4, одним из их принципиальных отличий является устройство ЗСУ. Если широкозахватные ВТМ производили валку дерева, то ВПМ производит снятие дерева с пня и вынос его в вертикальном положении из полупасеки, что позволяет ещё лучше сохранять подрост и в принципе делает возможным использование ВПМ на выборочных рубках [52], [53].

В связи с тем, что ВПМ осуществляет снятие дерева с пня и вынос его в вертикальном положении из полупасеки, требуется значительно большее по размерам и массе ЗСУ, с разнесёнными верхними и нижними захватами, чтобы надёжно удерживать дерево во время валки и переноса к месту укладки пакета. Эта конструктивная особенность также хорошо видна при сравнении машин на фото 3 и 4. При снятии дерева с пня и его переносе к месту укладки пакета возникает большой опрокидывающий момент (сила веса дерева и ЗСУ, умноженные на вылет гидроманипулятора). Чтобы этот момент не привёл к опрокидыванию машины, в конструкцию ВПМ ЛП-2 были введены аутригеры (выносные опоры, хорошо видные на фото 4), которые приходилось опускать перед началом работы на каждой технологической стоянке, а затем поднимать перед началом переезда на следующую стоянку. ВПМ ЛП-2 уже является не фланговой широкозахватной машиной, а широкозахватной

машиной кругового действия (полноповоротной), что существенно увеличивает объём заготовленной древесины с одной технологической стоянки, по сравнению с фланговой широкозахватной ВТМ при прочих равных условиях.

Но у ВПМ ЛП-2 и у её последующего варианта МВП-35 был довольно существенный конструктивный недостаток, который хорошо виден на фото 4: машина имеет две кабины — для управления перемещением трактора и для управления технологическим оборудованием. При этом с машиной работает один оператор. Он был вынужден после перемещения машины на очередную технологическую стоянку, которым он управлял из передней кабины, переходить в заднюю кабину — для управления процессом валки деревьев и укладки их в кониковый зажим, после чего перемещался в переднюю кабину, и т. д. Это увеличивало время цикла и снижало производительность. Несмотря на наличие у ВПМ ЛП-2 накопительного коникового зажима, конструкторы изначально не предполагали использование этой машины в качестве ВТМ. После ВПМ должны были использоваться как трелёвочные тракторы с пачковым захватом (пачкоподборщики), которые в настоящее время на производстве и в специальной литературе обычно называют скиддерами [39], [40], [54], [55].

К моменту начала производства и эксплуатации ВПМ ЛП-2 на одной из международных выставок лесной техники американская компания «Дрот» представила новый концепт широкозахватной ВПМ, созданной на экскаваторной базе. Эта машина послужила прототипом хорошо известных специалистам лесной отрасли современных широкозахватных ВПМ кругового действия, в т. ч. и отечественной ВПМ ЛП-19 (фото 5), которая много лет производилась Йошкар-Олинским машиностроительным заводом, а после его развала — Йошкар-Олинской компанией «Лестехком» [51].

После развала СССР, а с ним и плановой экономики машины конструкции, подобной ЛП-19, пытались производить и другие машиностроительные заводы; например, Ковровский машиностроительный завод (изначально производивший экскаваторы) начал выпуск машин МЛ-119. Но они оказались достаточно неудачными по проходимости [56]. Дело в том, что для производства ВПМ ЛП-19 использовалась ходовая часть от трактора ТТ-4 (с высоко поднятыми передними и задними катками гусеничного движителя), а у машин МЛ-119 использовалась ходовая часть от обычного гусеничного экскаватора, не предназначенная для езды по лесу [51], [56]. Для решения проблемы, создаваемой опрокидывающим моментом от веса и дерева, и ЗСУ, у современных ВПМ на экскаваторной базе устанавливаются не аутригеры, а противовесы, которыми служат двигатель, а также комплект запасных частей, инструментов и принадлежностей (комплект ЗИП). Это существенно увеличивает массу машины, а следовательно, увеличивает давление на опорную поверхность, делает практически невозможным использование машин такого типа на почвогрунтах III и IV категории в тёплое время года [51]. Кроме того, для их перемещения между лесосеками необходимы тягчи и тралы большой грузоподъёмности.

Большее внимание приходится уделять прочности мостов и мостиков на территории арендной базы предприятия, через которые планируется перемещать ВПМ.



Фото 5. ВПМ ЛП-19 [51]

Photo 5. VPM LP-19 [51]

Конечно, для различных по крупности древостоев (с различным объёмом хлыста) требуются разные по габаритам, а значит, и массе ЗСУ. При выборе лесозаготовительной машины обычно используют следующий алгоритм: определяются со средним диаметром заготавливаемых деревьев (по таксационным характеристикам предстоящих к разработке лесных участков), умножают его на два, и под удвоенный средний диаметр деревьев подбирают ЗСУ [54], [57]. Определившись с ЗСУ, выбирают машину-носитель — по требуемой массе и мощности привода. Если ВПМ предстоит работать на мелком лесе, а также у узкозахватных фронтальных ВПМ (фото 6) используют ЗСУ с накопителем, который позволяет срезать подряд несколько деревьев, перед тем как перейти к их укладке в пакет. Это существенно повышает производительность [57], [58—61].

Для эффективной работы с ВПМ, а также с ВТМ при их работе в режиме ВПМ в СССР были разработаны и серийно производились колёсные (фото 7) и гусеничные скиддеры, например, ЛТ-230, МЛ-137, ЛТ-154, ЛТ-187, ЛТ-171А, МЛ-56, МЛ-30 и ряд других [39], [44], [62]. Поскольку после ВПМ не требуется собирать пачку поштучно, а на эту фазу рабочего цикла у любой трелёвочной техники уходит больше всего времени, скиддеры, особенно колёсные, имеют самую большую производительность при прочих равных условиях. В отличие от чокерных и бесчокерных тракторов они производят трелёвку не в полупогруженном, а в полуподвешенном положении [39], [44], [62]. Скиддеры трелюют

пачки деревьев за комли, а на комлевою часть пачки приходится около 70 % её веса. При трелёвке в полуподвешенном положении также возникает большой опрокидывающий момент, создаваемый весом вывешенной за корму машины комлевой частью пачки и пачковым захватом [39], [44], [62]. У колёсных полноприводных тракторов с механической трансмиссией это приводит к возникновению в ней циркулирующей (паразитной) мощности, которая негативно сказывается на долговечности её узлов и деталей.



Фото 6. Узкозахватная фронтальная ВПМ с ЗСУ с накопителем [57]

Photo 6. Narrow-cut frontal VPM with a storage device [57]

Серийно выпускаемые в настоящее время в мире ВПМ на экскаваторной базе имеют массу от 25 до 49 т. Они были и остаются самыми высокопроизводительными и самыми тяжёлыми лесозаготовительными машинами. Система машин, включающая ВПМ и скиддер, была и остаётся самой высокопроизводительной при прочих равных условиях [54], [58], [63—66].

К моменту развала СССР в нём доминировала хлыстовая технология лесозаготовок, предусматривавшая вывоз заготовленной древесины в хлыстах (редко в деревьях с кроной) и последующую раскряжёвку на стационарных раскряжёвочных установках (обычно с поштучной подачей и продольным перемещением хлыста, типа ЛО-15), поэтому серийно производились многооперационные лесозаготовительные машины для хлыстовой заготовки — ВТМ и ВПМ [67], [68].

Поскольку первая товарная продукция лесозаготовительного производства (сортименты) получается при выполнении операции раскряжёвки, то от оптимальности раскряя сильно зависят показатели прибыли [69]. Добиться оптимального раскряя можно только на стационарных раскряжёвочных установках, поскольку они создают наилучшие условия

для оценки размерно-качественных характеристик каждого хлыста (порода, размеры, пороки), а это позволяет выбрать оптимальную программу раскроя [70]. Нелишним будет отметить, что хлыстовая технология лесозаготовок была разработана в 40-х гг. XX в. в СССР и её разработчики были награждены Сталинской премией. Хлыстовая технология также успешно использовалась и применяется в ряде зарубежных стран с развитым лесопромышленным комплексом, например, в США и Канаде [68].



Фото 7. Колёсный скиддер [39]

Photo 7. Wheel skidder [39]

В европейских странах применялись и используются, практически на 100 %, сортиментные технологии заготовки древесины, которые предусматривают вывоз из леса сортиментов [71], [72]. При полностью механизированном варианте лесосечных работ распространённые сортиментные технологии принципиально подразделяют на скандинавскую (предусматривающую производство сортиментов на пашеке при помощи валочно-сучкорезно-раскряжёвочной машины — харвестера) и канадскую (это производство сортиментов на верхнем складе при помощи самоходной или прицепной сучкорезно-раскряжёвочной машины — процессора) [54], [69], [73].

Отметим, что харвестер является лесозаготовительной машиной, поскольку конструктивно предназначен для валки деревьев, а процессор является лесной машиной, поскольку конструктивно для валки деревьев не предназначен [74], [75].

В связи с тем, что в СССР доминировала хлыстовая технология лесозаготовок, харвестеры в нём серийно не производились, если не считать единичных машин проекта СОФИТ (советско-финский трактор), который недолго действовал на закате СССР и предусматривал

установку финского технологического оборудования (гидроманипулятора и харвестерной головки) на советский колёсный сельскохозяйственный трактор [44].

В паре с харвестером работает форвардер (сортиментоподборщик), который выполняет сбор и трелёвку произведённых на пасаках харвестером сортиментов в полностью погруженном положении на погрузочный пункт и раскладывает их в штабели соответствующих групп сортировки (фото 8) [76—78]. В СССР форвардеры практически не производились, если не считать машину ТБ-1М-15, созданную на базе гусеничного бесчokerного трактора ТБ-1М с колёсным полуприцепом [44].

Следует отметить, что у сортиментной технологии заготовки древесины тоже есть ряд преимуществ. Прежде всего, наличие на погрузочном пункте (или верхнем складе) уже отсортированных по породам и назначению штабелей сортиментов позволяет вывозить их непосредственно с лесосеки на биржу сырья потребителя, минуя нижний склад, что снижает себестоимость. Правда, при этом количество типоразмеров выпиливаемых сортиментов существенно сокращается, обычно не более 3—4. Кроме этого, благодаря трелёвке сортиментов в полностью погруженном положении, при скандинавской технологии лесосечных работ они засоряются частицами почвогрунта (особенно это важно в тёплый период года) [79—83].



Фото 8. Колёсный форвардер на погрузочном пункте [55]

Photo 8. Wheel forwarder at the loading point [55]

При канадской технологии лесосечных работ получаемые после работы процессора на верхнем складе сортименты также раскладываются в штабели соответствующих групп сортировки [84].

В европейских странах хлыстовая технология лесозаготовок почти не использовалась и не применяется, поэтому развитие лесных и лесозаготовительных машин шло по отличным от СССР направлениям. В европейских государствах, прежде всего в Скандинавских странах, для трелёвки заготавливаемых механизированным способом сортиментов использовались форвардеры, создаваемые на базе колёсных сельскохозяйственных тракторов. Если в СССР доминировали лесные машины с гусеничным двигателем, начиная с КТ-12, то в европейских странах — колёсные лесные машины, начиная с момента их разработки и развития [62], [85—87].

В дальнейшем для облегчения труда вальщиков и повышения производительности лесосечных работ были разработаны валочно-сучкорезно-раскряжёвочные агрегаты (харвестерные головки, импульсные и вальцовые) [74], [88—91]. Сначала они были довольно громоздкими, поэтому устанавливались не на гидроманипулятор, а на корпус машины-носителя. Таким образом, получался двухзахватный харвестер, у которого на свободном конце гидроманипулятора устанавливалось обычное ЗСУ, на корпусе (обычно на корме машины) размещали процессорный агрегат. Задачей оператора такого харвестера было подать поваленное дерево в процессорный агрегат, нажать кнопку породы, и если качество дерева позволяло обрабатывать его в автоматическом режиме, то пока выполнялась эта обработка, оператор мог валить следующее дерево. Далее, по мере совершенствования харвестерных агрегатов они становились более компактными и лёгкими, при этом скорость их работы возрастала и появилась возможность их установки на гидроманипулятор. Так появились хорошо знакомые однозахватные харвестеры (фото 9) [92].



Фото 9. Гусеничный однозахватный харвестер [107]

Photo 9. Tracked single-grip harvester [107]

Харвестеры, как и другие лесные машины, по виду движителя подразделяются на колёсные и гусеничные. Первые собираются на специальных колёсных базах, вторые — на базе модернизируемых экскаваторов [52], [53], [92], [93].

Поскольку харвестерные агрегаты в нашей стране не разрабатывались и не производились, то не создавались у нас и харвестеры. В последние годы существования СССР и в постсоветской России они импортировались, в основном из Скандинавских стран. Сначала отечественные лесозаготовительные предприятия закупали, в основном, гусеничные харвестеры — они проще по устройству, дешевле, но обладают не лучшей эргономикой и, соответственно, производительностью. Затем наступил период, когда отечественные лесозаготовительные компании начали закупать, в основном, колёсные харвестеры ведущих иностранных фирм-производителей такой техники — «Джон Дир» (около 70 %), «Комацу» (около 10 %), «Понссе» (около 20 %), «Роттне», «Логлифт», «Локсет» и др. (единичные). Колёсные харвестеры отличаются лучшими условиями эргономики, соответственно, большей производительностью (примерно на 20 %) при прочих равных условиях, но они дороже и требуют от операторов больших навыков [94], [95].

В связи с практически полным уничтожением производства отечественных лесных и лесозаготовительных машин российские лесопромышленные компании перешли на закупку импортных лесных агрегатов, как сейчас принято называть, из недружественных стран. Закупаемые лесозаготовительные машины в большей части являлись колёсными харвестерами. В значительно меньшем количестве, в основном для Сибири, закупались ВПМ. Соответственно, в России с каждым годом всё большую долю занимала сортиментная технология лесозаготовок. После вступления в силу действующих Правил дорожного движения, которые запрещают хлыстовозам выезжать на дороги общего пользования, сортиментная технология лесозаготовок достаточно быстро пересекла рубеж в 90 % от объёма всей заготавливаемой древесины в России [96], [97].

Как показал анализ работы действующих в России лесозаготовительных организаций, хлыстовая заготовка осталась у небольшого количества крупных лесозаготовительных предприятий, организующих плотовой сплав пучков хлыстов и/или имеющих возможность строить достаточно широкую сеть собственных лесовозных дорог. При этом для разделки хлыстов на нижних складах используются импортные раскряжёвочно-сортировочные агрегаты (обычно производимые по индивидуальным заказам), в составе которых находятся сканеры и рентген-аппараты, позволяющие учесть все видимые и скрытые пороки и при помощи специального программного обеспечения выбрать оптимальную программу раскряжки каждого хлыста [98—100].

С началом Специальной военной операции и введением пятого пакета санкций приобрести импортные лесные машины производства недружественных стран, а также запасные части и расходные материалы к ним стало чрезвычайно сложно и дорого. Как уже было отмечено, они приобретались, в основном, в Европе, а также в США и Японии. Белорусская компания «Амкодор», а также её дочернее предприятие «Амкодор-Онего» пока

не могут удовлетворить потребности российского рынка на харвестеры и форвардеры ни по количеству, ни по качеству. С началом санкционной войны, развязанной против Российской Федерации странами коллективного Запада, отечественные компании, ранее являвшиеся дилерами заводов лесного машиностроения из недружественных стран, переориентировались на поставки гусеничных харвестеров на базе китайских экскаваторов, например, компании «Льюгонг». Но на них по-прежнему устанавливаются харвестерные головки производства западных компаний, получаемые по схемам параллельного импорта. По мере обновления парка лесных машин отечественными лесозаготовительными компаниями доля гусеничных лесозаготовительных машин опять начинает расти, что хорошо видно из диаграммы на рисунке 3.

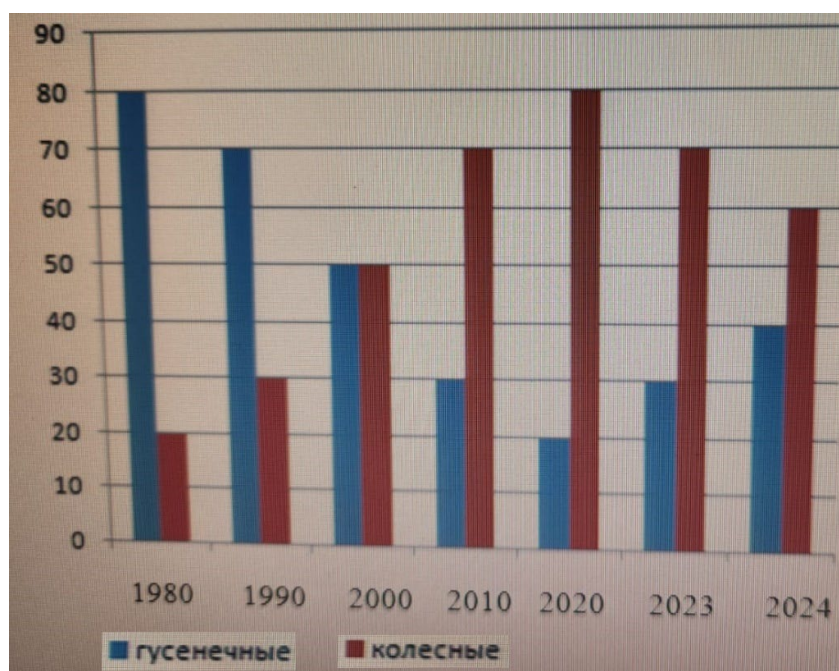


Рисунок 3. Соотношение гусеничных и колёсных лесных машин в России в различные периоды [рисунок авторов]

Figure 3. The ratio of tracked and wheeled forest vehicles in Russia in different periods

Кроме того, несмотря на закрытие Онежского и Алтайского тракторных заводов, в Российской Федерации постепенно восстанавливается производство гусеничных лесных тракторов. Пока в небольших количествах, но такие производства есть, например, ООО «Алтайский Завод Самоходных Машин "Прогресс"» производит усовершенствованный вариант ТТ-4 под маркой МСН-10. Правда, известные нам отзывы покупателей этих машин, как и машин компании «Амкодор-Онего», содержат определённое количество негатива.

В настоящее время, как уже было отмечено, в Российской Федерации доминируют сортиментные технологии заготовки древесины. При полностью механизированном

варианте проведения лесосечных работ для их реализации в состав систем машин включаются харвестеры (при реализации скандинавской технологии) или ВПМ (при осуществлении канадской технологии).

3. Результаты

3.1. Универсальные лесные машины — одномашинные лесозаготовительные комплексы

Как было отмечено выше, в случае вывозки из леса заготовленной древесины в виде деревьев с кроной и их погрузки на автолесовозы методом самопогрузки — при помощи установленного на автолесовоз гидроманипулятора (фото 10) или лебёдки со скользящей канатной оснасткой для выполнения всего комплекса лесосечных работ — валки деревьев, их трелёвки и штабелёвки на погрузочном пункте достаточно одной машины — ВТМ, и в этом случае она представляет собой одномашинный лесозаготовительный комплекс или универсальную лесозаготовительную машину [28—32], [101], [102].



Фото 10. Самопогружающийся автолесовоз (с гидроманипулятором) [42]

Photo 10. Self-loading logging truck (with hydraulic manipulator) [42]

Но практика вывозки деревьев с кроной не получила большого распространения, прежде всего, из-за крайне низкого коэффициента полндревесности веза. Поэтому ВТМ в качестве универсальных лесных машин практически никогда не рассматривались и обычно являлись головной машиной в системе: ВТМ + сучкорезная машина (СМ) + погрузчик (П) [44].

Первыми по-настоящему универсальными лесозаготовительными машинами, выпускаемыми серийно, явились валочно-сучкорезно-раскряжёвочно-трелёвочные машины, на практике называемые харвардерами (фото 11). Из русского названия этих машин видно, что они производят сортименты на пасеке, после чего трелюют их на погрузочный пункт

и укладывают в штабели у фронта отгрузки [102]. Как и харвестеры, харвардеры прошли свой путь развития от двухзахватных к однозахватным. Машины такой компоновки в небольших количествах поставлялись и в Россию, например Валмет 911 Комби, но большого распространения они не получили [102]. Это связано с тем, что, совмещая выполнение всех операций основного технологического процесса лесосечных работ — производства сортиментов, их трелёвки и штабелевки, они не могут выдать большие показатели производительности, как, например, классический двухмашинный комплекс, включающий харвестер и форвардер (X + Ф) [102].



Фото 11. Однозахватный харвардер [102]

Photo 11. Single-grip harvester [102]

Крупным и средним лесопромышленным компаниям, которые имеют финансовые возможности приобрести такую дорогую технику, нужна большая производительность. Харвардеры показывают хорошие результаты при освоении небольших разрозненных лесосек. Такой лесосечный фонд больше характерен для мелких и малообъёмных лесозаготовительных предприятий, которые не имеют финансовой возможности приобретать дорогие лесозаготовительные машины и обычно выполняют рабочие операции основного технологического процесса при помощи универсальных бензиномоторных пил (опять-таки импортных), а трелёвку, обычно, при помощи колёсных сельскохозяйственных тракторов, например МТЗ [103—106].

Следующим классом универсальных лесозаготовительных машин явились форвестеры. Принципиально это тоже валочно-сукорезно-раскряжёвочно-трелёвочные машины. Их главное отличие от харвардеров состоит в том, что харвардер (как хорошо видно на фото 11) — это одновременно и харвестер, и форвардер, а форвестер — попеременно

харвестер, а затем форвардер. Форвестеры делаются на базе форвардеров (фото 12) [107]. Во время работы харвардер нарезает получаемые сортименты сразу в тележку, а после её наполнения трелюет их на погрузочный пункт. Форвестер сначала оборудуется в харвестер — путём снятия коников тележки для сортиментов и установки на гидроманипулятор харвестерной головки, после чего работает в режиме обычного харвестера. Напилив определённое количество сортиментов, форвестер перемещается на погрузочный пункт (харвестерная головка меняется на грейферный захват, устанавливаются коники тележки для сортиментов, т. е. он переоборудуется в форвардер) и едет собирать ранее произведённые сортименты [107].

До пандемии Covid-19 форвестеры получили определённую популярность у российских лесозаготовительных предприятий, в т. ч. и в связи с постепенной дефрагментацией лесосечного фонда. Но после пандемии началась Специальная военная операция, была объявлена санкционная война. Харвардеры и форвестеры представляют собой универсальные лесозаготовительные машины для реализации скандинавской технологии лесосечных работ и в настоящее время в Россию не поставляются. Владельцы уже имеющихся машин сталкиваются со значительными трудностями в плане поддержания их в работоспособном состоянии.

Принципиально иной универсальной лесозаготовительной машиной, выпускаемой серийно, является валочно-трелёвочно-процессорная машина (ВТПМ), которая хорошо подходит как для реализации канадской сортиментной технологии лесосечных работ, так и для хлыстовой технологии. После небольшой модернизации, заключающейся в установке кониковой корзины для сортиментов вместо коникового зажима, ВТПМ может быть превращена в харвардер. В классической компоновке ВТПМ представляет собой ВТМ, у которой вместо ЗСУ установлена харвестерная головка.

Необходимо отметить, что концепт ВТПМ как на колёсном, так и на гусеничном шасси (на базе тракторов ОТЗ) в своё время был достаточно подробно обоснован коллективом учёных Петрозаводского государственного университета под руководством доктора технических наук, профессора И. Р. Шегельмана (рисунки 4 и 5). Часть результатов этой работы в 2011 г. была представлена в виде кандидатской диссертации П. В. Будника [23—27]. К сожалению, ликвидация ОТЗ не дала шансов на воплощение механизмов, представленных на рисунках 4 и 5. Но за рубежом ВТПМ успешно производят на колёсной ходовой части (фото 13, рисунок 6).

Но, как было указано выше, ВТПМ успешно производятся за рубежом, как и подавляющее большинство импортных лесных машин на колёсных шасси (фото 13, рисунок 6). Лидером в производстве ВТПМ является австрийская семейная компания KONRAD Forsttechnik GmbH. Несмотря на то, что Австрия относится к недружественным странам, компания KONRAD Forsttechnik GmbH поставляет в Россию технику собственного производства. Как было отмечено во введении, в настоящее время (2024 г.) эти машины проходят производственные испытания в природно-производственных условиях Иркутской области.

Испытания проводятся дилером компании KONRAD Forsttechnik GmbH — ООО «КОНРАД РУССЛАНД». Компания KONRAD Forsttechnik GmbH производит ВТПМ с колёсными формулами 4к4, 6к6 и 8к8. Компания KONRAD Forsttechnik GmbH специализируется на выпуске техники для разработки лесов на склонах.



Фото 12. Форвестер PONSSE BUFFALO DUAL в режиме харвестера [107]

Photo 12. PONSSE BUFFALO DUAL harvester in harvester mode [107]

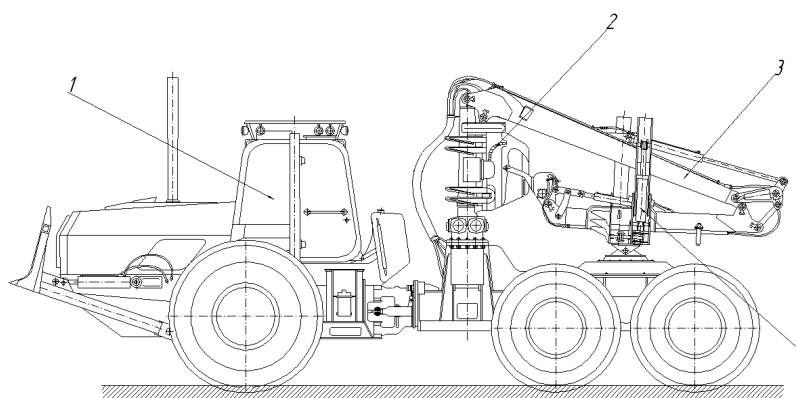


Рисунок 4. ВТПМ на базе колёсного лесопромышленного трактора ТЛК 6-02: 1 — колёсное шасси; 2 — харвестерная головка; 3 — гидроманипулятор; 4 — кониковый зажим [24]

Figure 4. VTP based on the TLK 6-02 wheeled timber tractor: 1 — wheeled chassis; 2 — harvester head; 3 — hydraulic manipulator; 4 — conical clamp [24]

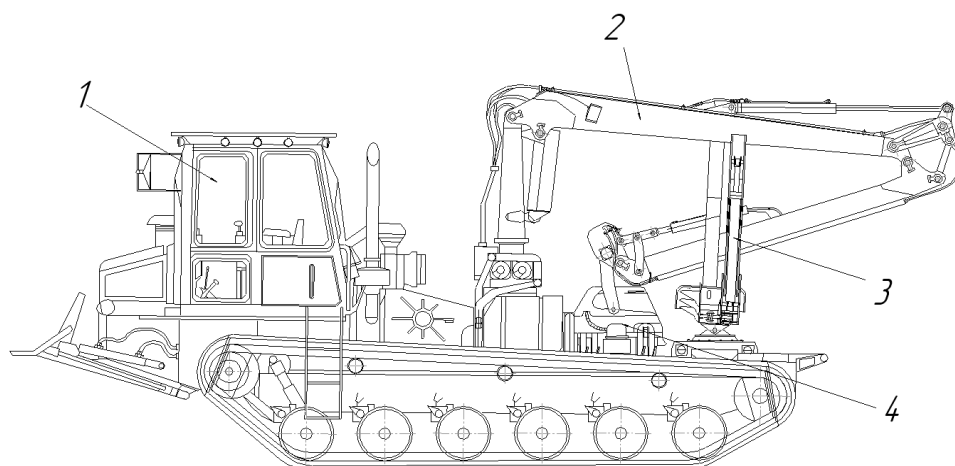


Рисунок 5. ВТПМ на базе гусеничного лесопромышленного трактора: 1 — гусеничное шасси; 2 — гидроманипулятор; 3 — кониковый зажим; 4 — харвестерная головка [24]

Figure 5. VTPM based on a tracked timber tractor: 1 — tracked chassis; 2 — hydraulic manipulator; 3 — conical clamp; 4 — harvester head [24]



Фото 13. Внешний вид ВТПМ Highlander компании KONRAD Forsttechnik GmbH [28]

Photo 13. Outside appearance of the VTPM Highlander by KONRAD Forsttechnik GmbH [28]

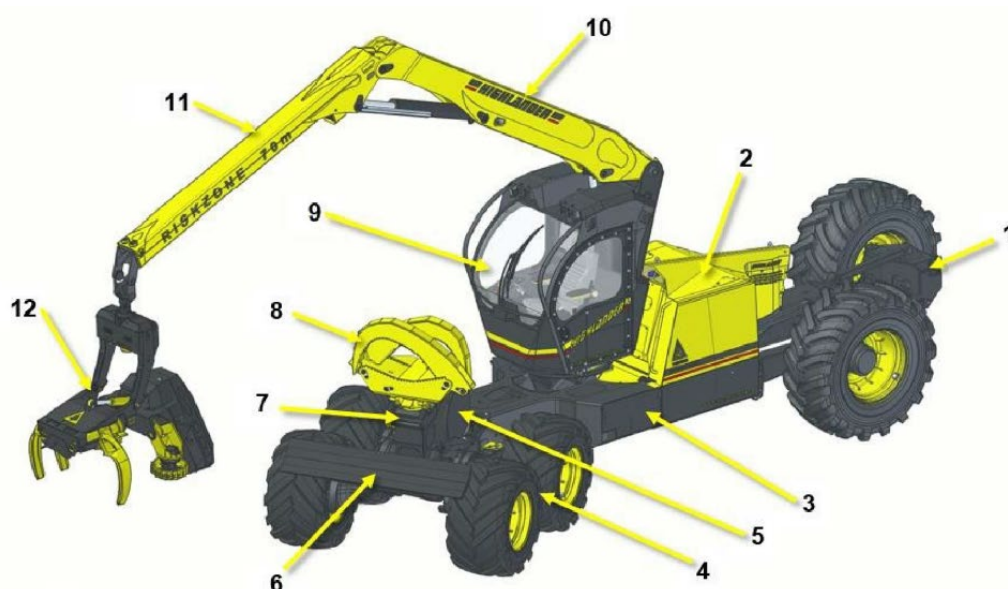


Рисунок 6. Основные узлы ВТПМ Highlander компании KONRAD Forsttechnik GmbH: 1 — механизм качания задних колёс; 2 — дизельный двигатель; 3 — несущая рама с удлинителем привода задних колёс; 4 — передняя тандемная тележка, NAF; 5 — корб лебёдки (опция); 6 — толкатель (опция); 7 — быстросъёмная опорная плита; 8 — зажимный коник (опция); 9 — кабина оператора; 10 — рукоять гидроманипулятора; 11 — стрела гидроманипулятора; 12 — харвестерная головка WOODY [28]

Figure 6. The main components of the VTPM Highlander of KONRAD Forsttechnik GmbH: 1 — Rear wheel swing mechanism; 2 — Diesel engine; 3 — Load-bearing frame with rear wheel drive extension; 4 — Front tandem trolley, NAF; 5 — Winch box (optional); 6 — Pusher (optional); 7 — Quick-release base plate; 8 — Clamping cone (optional); 9 — Operator's cabin; 10 — Hydraulic manipulator handle; 11 — Hydraulic manipulator boom; 12 — WOODY harvester head [28]

ВТПМ компании KONRAD Forsttechnik GmbH в принципе являются на настоящий момент наиболее технологически универсальными, поскольку могут работать в нескольких режимах [28—32]:

- Валка — трелёвка — обрезка сучьев — раскряжёвка — штабелёвка (классический вариант).
- Валка — пакетирование (по аналогии с рассмотренным выше вариантом ВТМ в режиме ВПМ).
- Валка — обрезка сучьев — сбор пачки — трелёвка — раскряжёвка — штабелёвка (при работе на слабонесущих почвогрунтах обрезка сучьев производится на пасеке с укладкой порубочных остатков на волокни для их укрепления).

- Валка — обрезка сучьев — сбор пачки — формирование пакета [также при работе на слабонесущих почвогрунтах при работе в режиме ВПМ (рисунок 7)].
- В режиме ВТМ.
- Валка — трелёвка — обрезка сучьев — штабелёвка (при потребности в реализации хлыстовой технологии).
- Валка — обрезка сучьев — сбор пачки — трелёвка — штабелёвка (при работе на слабонесущих почвогрунтах при необходимости реализации хлыстовой технологии).
- В режиме харвестера.
- В режиме процессора.
- В режиме харвардера.

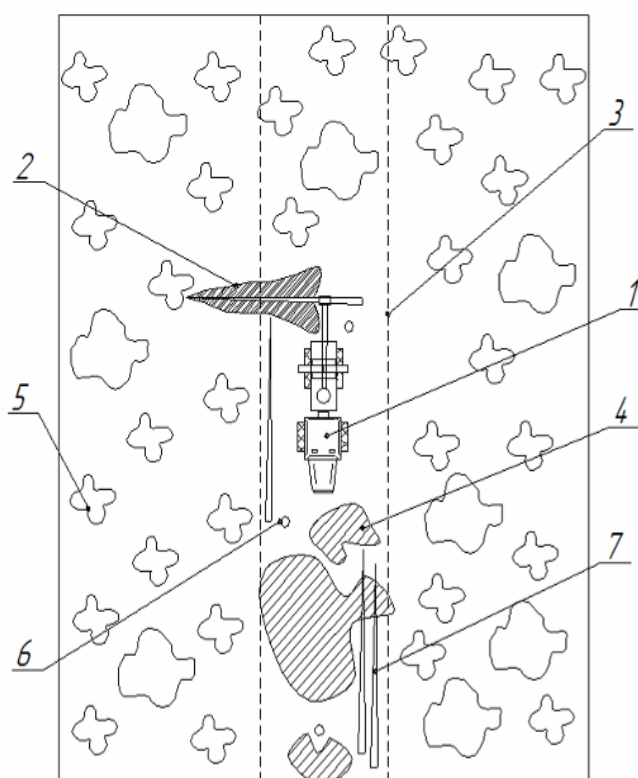


Рисунок 7. Технологическая схема работы ВТПМ при обрезке сучьев на пасеке: 1 — ВТПМ; 2 — поваленное дерево; 3 — граница волока; 4 — отделённая кроновая часть деревьев; 5 — стоящее дерево; 6 — пень; 7 — хлысты [25]

Figure 7. Technological scheme of VTPM operation of tree limbing on forest swath: 1 — VTPM; 2 — fallen tree; 3 — logging road boundary; 4 — separated crown of trees; 5 — detached tree; 6 — stump; 7 — tree-length logs [25]

В данном перечне не были учтены нерациональные технологические варианты, такие как работа в режиме просто валочной машины или валочно-сучкорезной машины. Конечно, сбор

пачки полученных после обрезки сучьев хлыстов представляет собой некоторую технологическую сложность, но если при валке и обрезке сучьев ориентировать хлысты вершинами в сторону магистрального трелёвочного волока, то появляется возможность набирать в кониковый зажим пачку большего объёма за вершины.

Важно отметить, что ВТПМ является для российских лесозаготовителей совершенно новым концептом лесозаготовительной техники, к которой ещё предстоит привыкнуть, но её отличная проходимость и манёвренность, вкупе с высокой надёжностью за счёт хорошо отработанной конструкции, а также уникальной технологической универсальностью и, что очень важно в настоящее время, доступностью для отечественных лесозаготовительных компаний, делает ВТПМ компании KONRAD Forsttechnik GmbH самым предпочтительным видом универсальных лесных машин.

Основные технические характеристики ВТПМ Highlander 4WD (с колёсной формулой 4к4) компании ООО «КОНРАД РУССЛАНД» представлены в таблице. Также важно отметить, что особенности используемой в ВТПМ Highlander харвестерной головки WOODY-61 позволяют ей, при необходимости, также выполнять и погрузку сортиментов на автолесовозы. Кабина ВТПМ эргономичная, как у колёсного харвестера, безопасная, сертифицированная ROPS, FOPS, OPS. Защитное стекло по всей кабине 12 мм, поликарбонат. Привод обеспечивает круговое вращение кабины с манипулятором 360°. Гидроманипулятор установлен за кабину, что позволяет оператору получить максимальный обзор рабочей зоны. Машина имеет хороший пакет прикладных программ, в т.ч. позволяющий проводить своевременную диагностику текущего технического состояния [108]. Уже к концу 2024 г. возможно ожидать опубликования результатов производственных испытаний ВТПМ компании KONRAD Forsttechnik GmbH в природно-производственных условиях Иркутской области. Потенциальные пользователи этих машин получат информацию об удельном расходе топлива, о производительности, других важных для производителей показателях, но, к сожалению уже традиционно, за рамками программы испытаний ООО «КОНРАД РУССЛАНД» остались вопросы экологической совместимости современных ВТПМ с лесной средой, прежде всего, это касается воздействия на почвогрунты. Не предоставляет такие данные и компания KONRAD Forsttechnik GmbH.

В принципе при работе ВТПМ на равнине, для прогнозирования возможных последствий воздействия ВТПМ на почвогрунты, можно воспользоваться известными результатами отечественных и зарубежных учёных, которые выполнили очень значительный объём теоретических и экспериментальных исследований в области воздействия колёсных и гусеничных машин на почвогрунты. Но, как уже было отмечено выше, компания KONRAD Forsttechnik GmbH специализируется на выпуске техники для разработки лесов на склонах. В связи с этим ВТПМ Highlander также приспособлены для работы на склонах. Это касается и ходовой части, и опционального наличия лебёдки (позиция 5 на рисунке 6). Для условий Сибири и Дальнего Востока, где значительные запасы спелой и перестойной древесины расположены на склонах, это является существенным преимуществом [109], [110].

Но, по нашему мнению, прогнозирование воздействия колёсных ВТПМ и трелёвочных систем на их базе на почвогрунты лесосек на склонах требует отдельного теоретического и экспериментального изучения, хотя бы потому, что леса на склонах относятся к одним из наиболее антропогенно ранимых типов лесных экосистем [110], [111].

Таблица. Основные технические характеристики ВТПМ Highlander 4WD

Table. Main technical characteristics of the VTM Highlander 4WD

Показатель	Ед. изм.	Значение
Масса	т	19,7
Ширина	м	2,95
Высота базовой машины	м	3,56
Длина базовой машины	м	7,44
Дорожный просвет	м	0,7—1,4
Колёса передние / задние		710/70 × 34
Мощность двигателя	кВт	175
Трансмиссия		Гидростатически-механическая
Тяговое усилие	т	24
Скорость движения (лес / дорога)	км/ч	7—18
Объём топливного бака	л	340
Средний расход топлива	л/ч	15—18
Вылет гидроманипулятора	м	10,8
Грузоподъёмность коника	т	10
Площадь коникового зажима	м ²	1,8

3.2. Воздействие движителей лесных машин на почвогрунты лесосек

Прежде всего, следует привести определение понятия «почвогрунт». Согласно публикации [112], «почвогрунт — это многослойная система, состоящая из нескольких органических и одного или нескольких минеральных слоёв, с которыми движитель машины взаимодействует одновременно», т. е. почвогрунт — это слоёный пирог из элементов живого напочвенного покрова (ЖНП) и неразложившегося опада, под слоем которых находится полуразложившийся опад (полугумус), после него идёт слой гумуса (гумусовый горизонт), который затекает в лежащие под ним минеральные слои.

Лес — самый высокопроизводительный тип экосистем на Земле. Чтобы воспроизвести максимальное количество биомассы на единице площади, он забирает максимально возможное количество питательных веществ, сильно истончая толщину органических слоёв почвогрунта [113], [114]. Если на возделываемых в сельскохозяйственном производстве полях толщина почвенного слоя измеряется десятками сантиметров, то в лесах хвойно-

бореальной зоны это сантиметры. При этом развитые грунтозацепы движителей лесопромышленных тракторов, имеющие в среднем высоту 13—15 см, протыкают органические слои почвогрунта, внедряются в подстилающий минеральный слой и реализуют касательную силу движителя, отталкиваясь от всех слоёв почвогрунта одновременно.

Также и нормальная составляющая давления движителя воздействует на все слои почвогрунта одновременно, постепенно затухая по мере удаления от пятна контакта. Это хорошо иллюстрируется диаграммой, представленной на рисунке 8 [115].

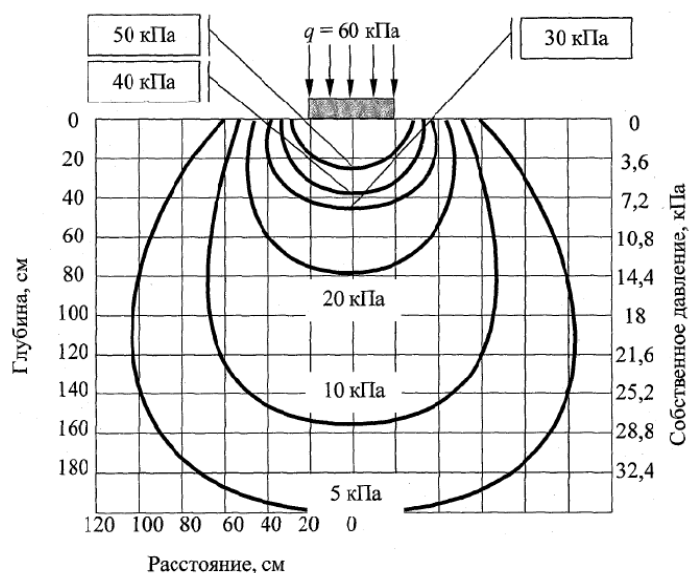


Рисунок 8. Эпюра дополнительных напряжений в идеальном почвогрунте и его собственное давление при плотности $1,8 \text{ г/см}^3$ [115]

Figure 8. A plot of additional stresses in an ideal soil and its own pressure at a density of 1.8 g/cm^3 [115]

К основным типам повреждения почвогрунта под воздействием движителей лесных машин принято относить [45], [47], [76], [85], [116], [117]:

- Уплотнение, сопровождающееся уменьшением пористости и порозности, что отрицательно влияет на корневое питание растений, снижает прирост.
- Колееобразование, происходящее из-за вдавливания почвогрунта в дно колеи, выдавливание почвогрунта по бокам колеи, а также срез почвогрунта под воздействием касательной силы тяги, реализуемой движителем машины в процессе её перемещения.

Механизм образования колеи проиллюстрирован на рисунке 9 [115].

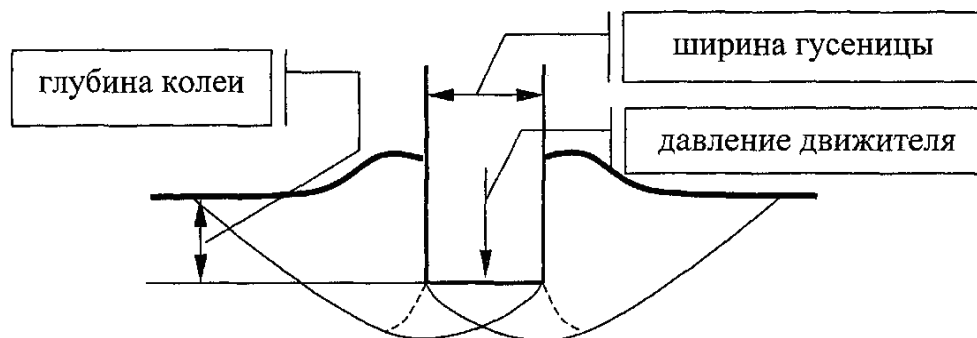


Рисунок 9. Схема колееобразования под воздействием движителя [115]

Figure 9. The scheme of track formation under the influence of a mover [115]

Выше уже было отмечено негативное влияние уплотнения почвогрунта на лесную экосистему. Но уплотнение, в большей части случаев, сопряжено с колееобразованием. В результате уплотнения дна колеи попадающая в неё вода застаивается, т. к. резкое снижение порозности не даёт ей уйти в нижние слои. Таким образом, колея от движителя лесной машины становится очагом водной эрозии, которая, в конечном итоге, может привести к развитию процессов заболачивания или оврагообразования [118], [119]. Колея, которая образовалась за один проход колёсной лесной машины (форвардера) по лесосеке, представлена на фото 14. Динамика образования колеи может быть различной, она зависит от силы воздействия движителя, нормальной и касательной, количества проходов по одному следу, а также от физико-механических свойств почвогрунта, в свою очередь зависящих от его сложения и влажности. На рисунке 10 представлены типовые варианты динамики колееобразования [115]. Отмеченное касается почвогрунтов на равнинной местности. В условиях склонов добавляется угловая составляющая, тем больше, чем круче склон [119], [120]. В результате часть нормальной силы тяжести лесной машины добавляется к касательным нагрузкам на почвогрунт, и это при том, что и сам почвогрунт испытывает касательную нагрузку от силы тяжести, которая после сильных дождей, при интенсивном снеготаянии или под действием эффекта солифлюкции на мерзлотных почвогрунтах может привести к самопроизвольному соскальзыванию пласта почвогрунта вниз по склону и без воздействия движителя машины [121].

Известно, что интенсивность роста глубины колеи при прочих равных условиях под воздействием колёсных лесных машин больше, чем под воздействием гусеничных или колёсных, оснащённых моногусеницами. Это связано с меньшим пятном контакта колёсных движителей с опорной поверхностью и, соответственно, большим давлением. Если же учитывать специфику воздействия движителя на почвогрунты на склонах, когда для перемещения машины вверх по склону необходимо реализовать большую касательную силу тяги, чем на равнине (при прочих равных условиях), то становится очевидным, что

интенсивность образования колеи может значительно возрасти [121]. Особенно если дополнительно учесть эффект пробуксовки движителя. Образующаяся в почвогрунтах на склонах колея значительно быстрее становится очагом водной эрозии, становясь водотоком, по которому осадки (дождь, талые воды), стекая вниз, смывают плодородный слой, подмывают бока колеи, корни оставленных на доращивание деревьев (фото 15).



Фото 14. Колея, образовавшаяся за один проход колёсной лесной машины (форвардера) по лесосеке [фото авторов]

Photo 14. The track formed during one pass of a wheeled forestry machine (forwarder) through a cutting area

Если ранее при освоении лесосек на склонах использовались канатные трелёвочные установки, гусеничные тракторы, то в настоящее время лесосеки на склонах в Сибири и на Дальнем Востоке осваивают, преимущественно, с помощью колёсных лесных машин, в основном харвестеров и форвардеров [110]. Обычно эти машины оснащают специальными колёсными моногусеницами для уменьшения давления на почвогрунт. Достаточно распространена практика использования встроенных в трансмиссию лебёдок. Как было указано выше, у ВТПМ Highlander компании KONRAD Forsttechnik GmbH такая опция также есть (см. рисунок 6). Правда, встроенная в трансмиссию лесной машины лебёдка её существенно удорожает и утяжеляет и не может быть самостоятельно демонтирована пользователем, когда в ней нет необходимости. Например, при переходе на разработку лесосек на равнине [110].

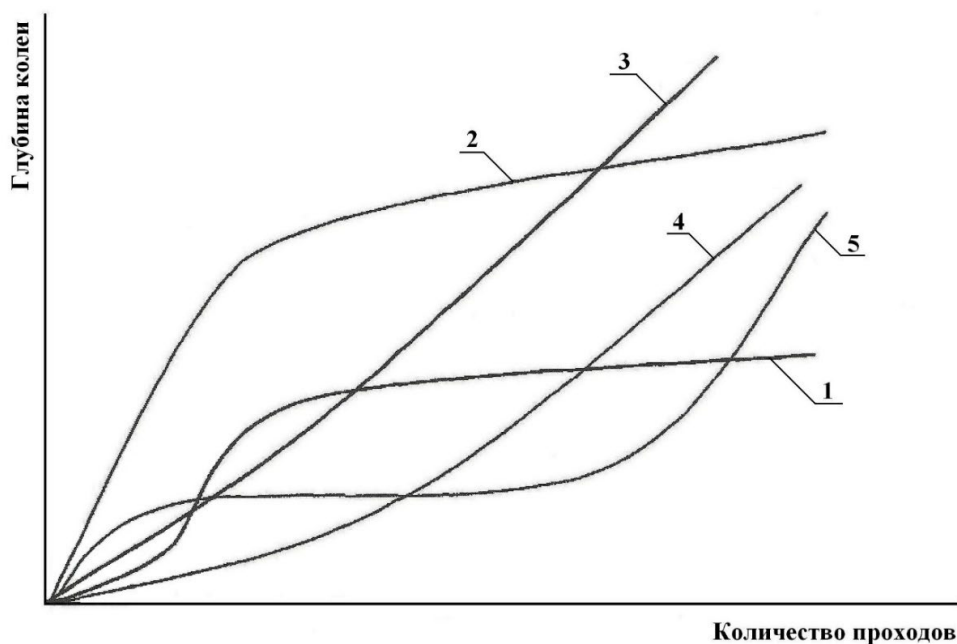


Рисунок 10. Типовые варианты динамики колееобразования: 1 — изменение колееобразования по логарифмическому закону; 2 — изменение колееобразования по логарифмическому закону с ускоренным проминанием колеи; 3 — нестабилизирующий рост глубины колеи; 4 — нестабилизирующий рост глубины колеи небольшой интенсивности; 5 — изменение колееобразования по логарифмическому закону с последующим резким ростом [115]

Figure 10. Typical variants of the track formation dynamics: 1 — change in track formation according to the logarithmic law; 2 — change in track formation according to the logarithmic law with accelerated track penetration; 3 — unstable increase in track depth; 4 — unstable increase in track depth of low intensity; 5 — change in track formation according to the logarithmic law followed by a sharp increase [115]

В настоящее время малораспространённым, но достаточно перспективным вариантом на лесозаготовительных предприятиях России является использование отдельных самоходных лебёдок, к которым можно попеременно прицеплять лесные машины, например, сначала лесозаготовительную, а потом трелёвочную [110], [122]. Интегрированная в трансмиссию или отдельная самоходная лебёдка позволяет значительно снижать касательную силу тяги, которую необходимо реализовать машине для подъёма на склон. Это, в свою очередь, позволяет значительно снижать интенсивность образования колеи (фото 16) [121].



Фото 15. Колея от воздействия движителя лесной машины на склоне [фото авторов]

Photo 15. The track from the impact of the forest machine mover on the slope

К наиболее свежим научным работам по исследуемой в настоящей работе проблеме можно отнести публикации [109], [110], [123—127], в совокупности защищённые в кандидатской диссертации До Туан Ань «Повышение эффективности работы гусеничных лесных машин в горных условиях Социалистической Республики Вьетнам». В данной работе автор пришёл к логичному выводу, что наиболее выгодным и средоохраняющим вариантом применения лесных машин на склонах является использование их в паре с самоходной лебёдкой. Им также было установлено, что «коэффициент сопротивления движению гусеничной машины, движущейся вдоль склона, определяется, главным образом, несущей способностью почвогрунта, соотношением среднего и допустимого давления движителя, углом склона» [127], и были получены выражения, позволяющие обосновать коэффициент энергонасыщенности машины, тяговое усилие лебёдки с учётом угла склона, который машина способна преодолеть по сцеплению, соотношения среднего давления движителя и несущей способности почвогрунта, веса машины.



Фото 16. Сравнительный вид последствий работ лесных машин на склоне с использованием и без использования лебёдки [121]

Photo 16. Comparative view of the consequences of forest machinery operations on the slope with and without the use of a winch [121]

Но, как было отмечено выше, в России, в основном, используются колёсные лесные машины. Кроме этого, использование лебёдок практикуется при разработке лесосек на достаточно протяжённых склонах — в горах или на сопках (например, Хабаровский край). На Северо-Западе России гор и сопок практически нет, но относительно коротких склонов достаточно много, например, при работе в условиях холмисто-рядовых рельефов, для которых характерны относительно короткие раздробленные склоны. В этих условиях лесозаготовители чаще всего не оснащают колёсные машины моногусеницами, т. к. машина то взбирается на склон, то дальше перемещается по равнине. При этом склоны, пусть и короткие, могут быть достаточно крутыми и на них образуется достаточно глубокая колея, вплоть до клиренса машины, со всеми вытекающими из этого негативными экологическими последствиями.

ВТПМ Highlander компании KONRAD Forsttechnik GmbH может быть весьма эффективной при реализации различных вариантов технологических процессов лесосечных работ, в разных природно-производственных условиях. Для обеспечения экономической и экологической эффективности её применения необходимо научно обосновать, при каких параметрах склона и физико-механических свойствах почвогрунта её целесообразно использовать со встроенной в трансмиссию лебёдкой и с моногусеницами (хотя модель с колёсной формулой 4к4 моногусеницами оснащена быть не может), когда только с лебёдкой или только с моногусеницами, а когда может использоваться на чисто колёсном двигателе.

4. Выводы

В настоящее время лесное машиностроение Российской Федерации по-прежнему находится в глубоком кризисе и не способно удовлетворить потребности отечественных лесозаготовительных предприятий в современных и эффективных лесных машинах, особенно для освоения лесов на склонах.

Универсальные лесозаготовительные машины, особенно валочно-трелевочно-процессорные отвечают современным потребностям лесозаготовительных предприятий, в части эффективности и доступности для приобретения.

Для повышения экологической и эксплуатационной эффективности ВТПМ при их работе в лесах на склонах необходимо теоретическое и экспериментальное изучение их воздействия на почвогрунты лесосек, с учетом угла склона, физико-механических свойств почвогрунта, конструктивных особенностей машины, с целью практического обоснования допустимых параметров колесного движителя ВТПМ, работающей на склоне.

Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено на средства гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

Список литературы

1. Кузнецов А. В., Галактионов О. Н. Анализ производства лесозаготовительных машин в России // Инженерный вестник Дона. 2023. № 4 (100). С. 712—722.
2. Должиков И. С., Григорьев И. В. Перспективы использования тракторов малого класса тяги для импортозамещения в области лесного машиностроения РФ // Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревопереработки: Материалы Всерос. научно-практич. конф. / Под ред. Ю. М. Казакова [и др.]. Казань, 2023. С. 48—51.
3. Перспективные подходы к развитию отечественного лесного машиностроения / И. С. Должиков, А. С. Дмитриев, А. А. Кривошеев [и др.]. // Перспективные ресурсосберегающие технологии развития лесопромышленного комплекса: Материалы Междунар. научно-практич. конф. молодых учёных и студентов. Воронеж, 2023. С. 62—67.
4. Вернер Н. Н. Пути решения проблемы обеспечения предприятий лесного комплекса качественной и безопасной продукцией лесного машиностроения // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 1. С. 25—31.
5. Швецова В. В. Возможности лесотехнических вузов в развитии отечественного лесного машиностроения // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Материалы Всерос. научно-практич. конф. / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 154—157.
6. Григорьев И. В. Современные проблемы импортозамещения в лесном машиностроении Российской Федерации // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции

- и перспективы развития: Материалы Всерос. научно-практич. конф. / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 165—169.
7. *Марков В. А., Иванов А. М.* Перспективы применения аддитивных технологий в лесном машиностроении // Сборник статей по материалам научно-технической конференции Института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2021: Материалы докл. конф. / Отв. ред. Е. Г. Хитров. Санкт-Петербург, 2022. С. 277—279.
 8. *Кузнецов А. В.* Проблематика развития лесного машиностроения в России // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. IX Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2022. С. 58—62.
 9. *Михайлова Л. М., Куницкая О. А., Мотовилов А. И.* Перспективы систем машин на базе средств малой механизации для малообъёмных лесозаготовок и лесохозяйственных работ // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС (Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения). Якутск, 2022. С. 735—742.
 10. Перспективы импортозамещения систем машин для искусственного лесовосстановления / О. И. Григорьева, В. А. Макуев, Е. В. Барышникова [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 78—84.
 11. *Курочкин П. А., Григорьев И. В., Григорьева О. И.* Новые подходы к проектированию лесопромышленного оборудования с учётом рисков в области безопасности и охраны труда // Перспективные ресурсосберегающие технологии развития лесопромышленного комплекса: Материалы Междунар. научно-практич. конф. молодых учёных и студентов. Воронеж, 2023. С. 72—77.
 12. *Петухов Р. А.* Лесопромышленный комплекс Республики Карелия: проблемы и решения // Перспективы науки. 2020. № 1 (124). С. 18—20.
 13. *Шегельман И. Р., Васильев А. С.* К вопросу создания базовых лесных машин с комплектом многофункционального технологического оборудования для экономически эффективного и экологически безопасного освоения лесных ресурсов // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 67-2. С. 63—65.
 14. *Колотвина Ю. В., Палкин Е. В.* Новинки импортозамещения для лесозаготовки — форвардеры AMKODOR // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. IX Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2022. С. 46—50.
 15. *Колотвина Ю. В., Палкин Е. В.* Успешное выполнение программы импортозамещения машин AMKODOR // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. IX Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2022. С. 50—54.
 16. *Савинова Ю. А., Палкин Е. В.* AMKODOR-ОНЕГО — флагман импортозамещения российского лесного машиностроения // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2020. С. 169—173.
 17. Технологические аспекты безопасной работы вальщиков леса на горных склонах / В. А. Каляшов, Т. А. До, О. И. Григорьева [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 2. С. 4—10.
 18. Современные технические решения для обеспечения безопасной работы лесных машин на горных склонах / В. А. Каляшов, Т. А. До, О. И. Григорьева [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 2. С. 11—25.

19. Современные системы машин и технологии заготовки древесины и лесовосстановления в условиях горных лесосек / В. А. Каляшов, Т. А. До, Е. Г. Хитров [и др.] // Resources and Technology. 2022. Т. 19, № 2. С. 1—47.
20. Каляшов В. А., До Т. А., Новгородов Д. В. Сравнение систем машин для заготовки древесины на склонах гор и сопок // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сб. ст. IX Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2022. С. 42—46.
21. Теоретическое обоснование допустимого среднего давления на грунт движителя лесной машины, работающей на склоне / Т. А. До, Г. В. Григорьев, В. А. Каляшов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 72—77.
22. Шегельман И. Р., Будник П. В. Обоснование вылета манипулятора и режимов работы валочно-трелёвочно-процессорной машины // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. 2011. № 4 (117). С. 81—83.
23. Будник П. В. Обоснование максимального вылета манипулятора валочно-трелёвочно-процессорной машины для различных природно-производственных условий // Севергеоэкотех-2011: Материалы XII междунар. молодёж. науч. конф.: В 5 ч. Ухта: Ухтинский гос. техн. ун-т, 2011. С. 16—21.
24. Валочно-трелёвочно-процессорная машина / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник. Патент на полезную модель. Заявка № 200914475422(063722).
25. Баклагин В. Н., Будник П. В. Обоснование универсальной лесозаготовительной машины для заготовки сортиментов и технологического процесса производства топливной щепы мобильными рубительными машинами на лесосеке / Карел. научно-исследовател. ин-т лесопромышл. комплекса Петрозав. гос. ун-та. Петрозаводск, 2008. 22 с.: ил., библ. 4. Деп. в ВИНТИ РАН 04.08.2008, № 660-B2008.
26. Будник П. В., Скрыпник В. И. Обоснование масс и объёмов пачек деревьев, трелюемых валочно-трелёвочно-процессорной машиной с учётом природно-производственных условий и районов лесозаготовок // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 27. С. 3—6.
27. Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной / И. Р. Шегельман, П. В. Будник, В. И. Скрыпник, В. Н. Баклагин. Патент на изобретение RU 2426303 С2, 20.08.2011. Заявка № 2009109914/21 от 18.03.2009.
28. Технологический анализ вариантов использования валочно-трелёвочно-процессорных машин / О. А. Куницкая, А. А. Кривошеев, А. С. Швецов [и др.] // Resources and Technology. 2024. Т. 21, № 2. С. 51—82.
29. Рациональные приёмы выполнения рубок лесных насаждений универсальной лесозаготовительной машиной / А. С. Швецов, А. А. Кривошеев, И. С. Должиков [и др.] // Вестник АГАТУ. 2024. № 1 (13). С. 48—65.
30. Технология раз рубки трасс линейных объектов универсальной лесозаготовительной машиной / А. С. Швецов, И. С. Должиков, И. В. Григорьев [и др.] // Вестник АГАТУ. 2024. № 2 (14). С. 104—121.
31. Технологические процессы сплошных и выборочных рубок леса при помощи универсальных лесозаготовительных машин / О. А. Куницкая, А. А. Кривошеев, А. С. Швецов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2023. № 4 (60). С. 106—112.
32. Основные правила безопасной эксплуатации универсальных лесозаготовительных машин / О. А. Куницкая, А. А. Кривошеев, А. С. Швецов [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 6. С. 33—42.

33. Проблемы повышения качества отечественного лесного машиностроения / О. А. Куницкая, В. А. Макуев, Т. Н. Стородубцева [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 57—63.
34. Григорьева О. И., Давтян А. Б., Гринько О. И. Перспективы импортозамещения в производстве лесохозяйственных и лесопожарных машин в России // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины: Сб. ст. Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2020. С. 66—69.
35. Куницкая О. А., Степанова Д. И., Григорьев М. Ф. Перспективные направления развития транспортно-технологических систем лесного комплекса России // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы междунар. научно-практич. конф. / Под общ. ред. В. А. Гулевского. Воронеж, 2018. С. 109—114.
36. Одлис Д. Б., Шегельман И. Р. Анализ состояния лесного машиностроения в дореформенной экономике Карелии и выбор перспективных направлений его развития // Микроэкономика. 2012. № 1. С. 73—75.
37. Александров В. А. К 100-летию со дня рождения С. Ф. Орлова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 190. С. 229—232.
38. Анисимов Г. М., Кочнев А. М. Основные направления повышения эксплуатационной эффективности гусеничных трелёвочных тракторов. СПб.: Политехн. ун-т, 2007. 456 с.
39. Анализ влияния природно-производственных условий на производительность тракторной трелёвки / О. А. Куницкая, А. В. Петров, А. А. Кривошеев [и др.] // Вестник АГАТУ. 2023. № 4 (12). С. 102—149.
40. Рудов С. Е., Вернер Н. Н. Анализ энергонасыщенности транспортных лесных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2016. С. 274—278.
41. Тенденции развития современного российского лесного машиностроения / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2 (41). С. 30.
42. Григорьева О. И. Эффективность транспортно-технологических систем для лесного хозяйства // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2018. С. 79—83.
43. Основные ошибки вальщиков, приводящие к выходу из строя бензиномоторных пил / А. В. Гончаров, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 17—21.
44. Технология и машины лесосечных работ / В. И. Пятакин, И. В. Григорьев, А. К. Редькин [и др.]. СПб., 2012. 362 с.
45. Куницкая О. А., Никитина Е. И. Экологические аспекты выборочных рубок леса // Эколого-экономические и технологические аспекты устойчивого развития Республики Беларусь и Российской Федерации: Сб. ст. III Междунар. научно-техн. конф. «Минские научные чтения — 2020»: В 3 т. / Белорус. гос. технол. ун-т, Представительство федер. агентства по делам СНГ, соотечественников, проживающих за рубежом, и по междунар. гуманитар. сотрудничеству (Россотрудничество) в Республике Беларусь. Минск, 2021. С. 286—291.
46. Майко И. П., Матвейко А. П., Фридрих А. П. К применению срезающих устройств силового резания // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Республикан. межведомств. сб. / Белорус. технол. ин-т им. С. М. Кирова. Минск, 1979. С. 9—13.
47. Оценка экологической безопасности работы лесных машин / А. И. Никифорова, О. И. Григорьева, Д. С. Киселев [и др.] // Природные ресурсы и экология Дальне-

- восточного региона: Материалы Междунар. научно-практич. форума. Хабаровск, 2013. С. 134—138.
48. *Грязин В. А.* Энергоёмкость как фактор производительности валочно-трелёвочных машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2009. № 2. С. 54—58.
49. *Высоцкий М. С., Коробкин В. П., Жуков А. В.* Концепция разработки машин для лесозаготовительных работ // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2000. № 8. С. 34—43.
50. Организационно-технические решения для повышения коэффициента технической готовности лесных машин / О. А. Куницкая, А. А. Просужих, А. Б. Давтян [и др.] // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы Междунар. научно-практич. конф. Воронеж, 2020. С. 162—167.
51. Совершенствование конструкции валочно-пакетирующей машины / И. В. Григорьев, И. И. Тихонов, А. И. Никифорова [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2014. № 2 (203). С. 57—60.
52. Совершенствование конструкции полноповоротных лесозаготовительных машин на экскаваторных базах / А. П. Мохирев, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая [и др.] // Строительные и дорожные машины. 2018. № 6. С. 43—49.
53. *Григорьев И. В., Григорьева О. И.* Лесозаготовительные машины на экскаваторной базе // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы IV Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2018. С. 45—46.
54. *Никитина Е. И., Куницкая О. А., Николаева Ф. В.* Проект организации лесозаготовок в условиях Алданского лесничества с применением многооперационных лесозаготовительных комплексов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в Арктике: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2020» (29—30 сент. 2020 г., Якутск) и Междунар. науч. онлайн летней школы — 2020 (6—20 июля 2020 г., Якутск). Якутск, 2020. С. 138—148.
55. *Куницкая О. А., Никитина Е. И., Николаева Ф. В.* Особенности лесозаготовки в Республике Саха Якутия // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 255-летию Землеустройства Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 308—313.
56. *Жуков А. В., Федоренчик А. С., Клоков Д. В.* Воздействие движителей лесных колёсных машин на почву и показатели их проходимости // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 1998. № 6. С. 11—17.
57. *Григорьев И. В., Куницкая О. А., Давтян А. Б.* Современное технологическое оборудование валочных и харвестерных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 7. С. 9—16.
58. Основы повышения эффективности систем машин для создания и эксплуатации лесных плантаций / А. Б. Давтян, О. А. Куницкая, М. Ф. Григорьев [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 56. С. 19—22.
59. Оценка эффективности создания и эксплуатации энергетических лесных плантаций / А. Б. Давтян, О. А. Куницкая, М. Ф. Григорьев [и др.] // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы Междунар. научно-практич. конф. Воронеж, 2019. С. 61—65.

60. Численное исследование показателей заготовки древесины на лесных плантациях / Г. Д. Гаспарян, А. Б. Давтян, И. В. Григорьев [и др.] // Resources and Technology. 2021. Т. 18, № 4. С. 17—45.
61. Григорьев И. В., Давтян А. Б., Григорьева О. И. Выбор системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 255-летию Землеустройства Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 271—278.
62. Расчёт тяговых и сцепных свойств колёсного скиддера с использованием данных зарубежных коллег / С. Е. Рудов, Е. Г. Хитров, М. Е. Рудов [и др.] // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 1 (12). С. 223—228.
63. Матвейко А. П. Расчёт производительности валочных и валочно-пакетирующих машин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 1989. № 4. С. 36—38.
64. Юдина Н. Ю. Анализ факторов, влияющих на производительность валочных, валочно-пакетирующих машин // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: Сб. науч. тр. / Под ред. В. С. Петровского. Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. академия, 1997. С. 37—40.
65. Гуцина Д. А., Даниленко О. К. К вопросу о повышении эффективности технологического процесса лесосечных работ // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 52. С. 6—9.
66. Даниленко О. К., Сухих А. Н. О многообразии факторов, влияющих на эффективность лесозаготовительного производства // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2017. Т. 2. С. 239—244.
67. Суханов В. С. О развитии технологии лесозаготовок в России // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2012. № 4. С. 46—49.
68. Александров В. А. Ещё раз о хлыстовой технологии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 2 (332). С. 108—114.
69. Повышение эффективности заготовки сырья для мачтопропиточных заводов при проведении лесосечных работ / О. А. Куницкая, И. И. Тихонов, С. С. Бурмистрова [и др.] // Научное обозрение. 2011. № 4. С. 78—83.
70. Оптимизация процесса раскряжёвки хлыстов на лесоперевалочных базах лесных холдингов при выпилке сырья для мачтопропиточных заводов / О. А. Куницкая, И. И. Тихонов, Д. Е. Куницкая [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 3 (339). С. 86—93.
71. Дербин В. М., Дербин М. В. Сортиментная заготовка древесины при выборочных рубках // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 5 (353). С. 123—131.
72. Дербин В. М., Дербин М. В. Технология работы харвестера при выборочных рубках // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6, № 2 (22). С. 69—75.
73. Improving the efficiency of forest companies by optimizing the key indicators of sustainable forest management: a case study of the Far East / P. B. Ryabukhin, O. A. Kunitskaya, A. M. Burgonutdinov [et al.] // Forest Science and Technology. 2022. Vol. 18, no. 4. P. 190—200.
74. Проблемы безопасной эксплуатации пильных цепных гарнитур лесных машин / А. С. Швецов, С. А. Серяков, П. А. Курочкин [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2024. № 2 (14). С. 24—35.

75. Григорьев И. В., Петров М. Е. Дополнительные технические опции для повышения безопасности, надёжности и энергоэффективности лесных машин // Вестник АГАТУ. 2021. № 3 (3). С. 73—81.
76. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты / О. Н. Бурмистрова, А. А. Просужих, Е. Г. Хитров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 101—116.
77. Влияние переменных коэффициентов сопротивления движению и сцепления на производительность форвардера / О. Н. Бурмистрова, А. А. Просужих, Е. Г. Хитров [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 3—16.
78. Анализ конструкций и технологий работы форвардеров на лесозаготовках / Л. Д. Бухтояров, В. В. Абрамов, А. А. Просужих [и др.] // Resources and Technology. 2020. Т. 17, № 3. С. 1—35.
79. Печерин В. В., Чикулаев П. С. Сортиментная заготовка леса в Республике Карелия // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. 2005. № 6. С. 43—46.
80. Залесов С. В., Оплетев А. С., Зверев А. А. Перспективы использования сортиментной технологии лесозаготовок // Аграрная Россия. 2009. № S2. С. 25—27.
81. Матросов А. В., Быковский М. А. Моделирование работы и оценка эффективности системы лесосечных машин // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2013. № 1. С. 107—111.
82. Григорьев И. В. Параметры и показатели работы перспективного форвардера для малообъёмных лесозаготовок // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6, № 4 (40). С. 21—25.
83. Практика проведения машинных рубок ухода по скандинавской технологии в Пермском крае / О. И. Григорьева, Н. А. Бауер-Бимштейн, П. В. Трушевский [и др.] // Вестник АГАТУ. 2024. № 2 (14). С. 68—91.
84. Рябухин П. Б., Куницкая О. А., Григорьева О. И. Обоснование технологических процессов и систем машин для лесосечных работ // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 2 (392). С. 88—105.
85. Рудов С. Е., Куницкая О. А. Теоретические исследования экологической совместимости колёсных лесных машин и мерзлотных почвогрунтов лесов криолитозоны // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2020. С. 323—326.
86. Интеллектуальный анализ параметров и классификация лесных и сельскохозяйственных колёсных тракторов / И. С. Должиков, П. А. Курочкин, Е. Г. Хитров [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 2 (62). С. 87—94.
87. Жуков А. В., Клоков Д. В. Показатели маневренности колёсных лесных машин // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 1999. № 7. С. 28—33.
88. Серяков С. А., Куницкая О. А., Удальцов В. Н. Анализ моделирования механизма захвата и подачи ствола харвестерной головки // Вестник АГАТУ. 2024. № 2 (14). С. 92—103.
89. Серяков С. А., Куницкая О. А. Перспективы импульсных процессорных головок на лесозаготовках // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации: Сб. ст. по материалам Всерос. научно-практич. конф. Петрозаводск, 2023. С. 62—64.
90. Серяков С. А., Куницкая О. А., Григорьева О. И. Безопасность и охрана труда при эксплуатации и обслуживании импульсных харвестерных головок // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 3. С. 27—37.
91. Функциональные особенности импульсных харвестерных головок / С. А. Серяков, О. А. Куницкая, А. С. Вашуткин [и др.] // Актуальные проблемы развития лесного

- комплекса: Материалы XX Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Е. А. Иванищева. Вологда, 2022. С. 332—336.
92. Оценка надёжности лесозаготовительного харвестера / А. П. Мохирев, О. А. Куницкая, Г. А. Калита [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 5. С. 93—101.
93. Карпачев С. П., Быковский М. А., Лантев А. В. К вопросу выбора харвестерной головки для лесов центральной России // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24, № 6. С. 113—118.
94. Куницкая О. А., Григорьев И. В. Оценка эффективности работы операторов лесных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2019. С. 184—188.
95. Лучшие практики подготовки операторов лесных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Строительные и дорожные машины. 2020. № 10. С. 42—48.
96. Дербин В. М., Дербин М. В. Обоснование технологии заготовки древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-1 (13-1). С. 205—209.
97. Меры нефинансовой поддержки предприятий лесного комплекса по переходу на инновационные технологии / А. В. Мехренцев, А. Ф. Уразова, Ю. В. Ефимов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 141—145.
98. Солдатов А. В., Коркин Е. С. Методика расчёта выхода объёма круглых лесоматериалов при раскряжёвке берёзовых и осиновых хлыстов // Леса Урала и хозяйство в них. 2006. № 27. С. 309—314.
99. Солдатов А. В., Коркин Е. С., Прешкин Г. А. Потенциальный выход сортиментов при раскряжёвке берёзовых и осиновых хлыстов с поштучной продольной подачей // Леса Урала и хозяйство в них. 2006. № 27. С. 319—323.
100. Лозовой В. А., Балдаков И. А., Миронов Г. С. Результаты структурного анализа оборудования поточных линий для раскряжёвки древесных хлыстов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 5 (92). С. 206—208.
101. Рудов М. Е., Вернер Н. Н. Технология и машины для заготовки древесины в условиях лесосечного фонда малой концентрации // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XVII Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Ю. М. Авдеев. Вологда, 2019. С. 221—222.
102. Григорьев И. В., Никифорова А. И., Григорьева О. И. Сравнение одномашинных комплексов для сортиментной заготовки древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 9-2 (20-2). С. 125—128.
103. Куницкая О. А. Научное обоснование параметров систем машин на базе средств малой механизации для малообъёмного лесопользования и лесохозяйственных работ: НИР. Грант № 23-16-00092. М.: Российский научный фонд, 2023.
104. Григорьев И. В., Григорьева О. И., Чураков А. А. Эффективные технологии и системы машин для малообъёмных заготовок древесины // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 2. С. 61—66.
105. Ширнин Ю. А., Пошарников Ф. В. Технология и оборудование малообъёмных лесозаготовок и лесовосстановления. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. 396 с.
106. Ширнин Ю. А., Рукомойников К. П., Онучин Е. М. Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъёмных лесозаготовках / Под ред. Ю. А. Ширнина. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 196 с.
107. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии / О. А. Куницкая, Н. А. Чернуцкий, М. В. Дербин [и др.]. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. 192 с.

108. Куницкая О. А. Проактивный сервис для лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Шестой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2020. С. 86—87.
109. Каляшов В. А., Григорьева О. И., Григорьев И. В. Перспективные варианты восстановления лесов на склонах // Вестник АГАТУ. 2022. № 1 (5). С. 86—96.
110. Каляшов В. А., Григорьев И. В., Григорьева О. И. Сравнительный анализ видов трелёвки на горных склонах // Вестник АГАТУ. 2022. № 2 (6). С. 41—59.
111. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Сохранение биоразнообразия при заготовке древесины в горных лесах // Биоразнообразие. Биоконсервация. Биомониторинг: Сб. материалов II Междунар. научно-практич. конф., посвящается 75-летию Адыгейского гос. ун-та. Майкоп, 2015. С. 134—135.
112. Никифорова А. И., Григорьева О. И. Моделирование воздействия движителей лесных машин на почвы лесосек // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 5-4 (16-4). С. 320—323.
113. Рудов С. Е. Уплотнение почвогунтов на лесосеках криолитозоны // Наука и инновации: векторы развития: Материалы Междунар. научно-практич. конф. молодых учёных: Сб. науч. ст.: В 2 кн. Барнаул, 2018. С. 103—106.
114. Рудов С. Е. Критерий разрушения почвогрунтов лесов криолитозоны под воздействием лесных машин // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2019. С. 298—303.
115. Перспективность дальнейших исследований по совершенствованию гусеничных лесных машин / Ю. А. Карасев, В. А. Марков, А. С. Дмитриев [и др.] // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 1. С. 42—86.
116. Forest preservation techniques in the Urals / E. F. Gerts, O. A. Kunitskaya, E. M. Runova [et al.] // International Journal of Environmental Studies. 2023. Vol. 80, no. 4. P. 1055—1064.
117. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Свердловской области / Э. Ф. Герц, О. А. Куницкая, В. А. Макуев [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2023. № 1. С. 52—63.
118. Долгосрочные последствия воздействия движителей лесных машин на почвогрунты северных лесов / В. М. Дьяченко, В. А. Каляшов, И. С. Должиков [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2024. № 3 (15). С. 22—31.
119. Экспериментальные исследования экологической безопасности лесных машин с колёсным, гусеничным и полугусеничным движителем при работе на склонах / А. Ю. Гурьев, И. В. Григорьев, А. С. Дмитриев [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2024. № 1. С. 59—68.
120. Сравнительный анализ воздействия на почвогрунты лесных машин с различными движителями на склонах / И. В. Григорьев, А. С. Дмитриев, В. А. Каляшов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 1 (61). С. 122—129.
121. Формирование колеи движителем лесной машины на склоне оттаивающего почвогрунта криолитозоны с учётом эффекта солифлюкции / В. А. Каляшов, В. Я. Шапиро, И. В. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2024. № 3 (399). С. 140—152.
122. Промежуточные итоги проекта «Теоретическое и экспериментальное обоснование систем машин для лесозаготовок и лесовосстановления на склонах в условиях криолитозоны» / О. А. Куницкая, А. Ю. Гурьев, Д. В. Новгородов [и др.] // Повышение

- эффективности лесного комплекса: Материалы Девятой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2023. С. 108—110.
123. Теоретические исследования влияния угла склона на несущую способность почвогрунта при работе лесных машин / Т. А. До, Н. И. Злобина, В. А. Каляшов [и др.] // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2022. № 2. С. 18—27.
124. Обоснование технологических параметров, связанных с тягово-сцепными свойствами гусеничной машины, работающей на склоне / Т. А. До, Н. И. Злобина, В. А. Каляшов [и др.] // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2022. № 2. С. 3—12.
125. *Каляшов В. А., Т. Ань До, Новгородов Д. В.* Правила безопасной эксплуатации лесных машин на горных склонах // *Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2022. С. 87—89.*
126. *Каляшов В. А., Т. Ань До, Гурьев А. Ю.* Типы самоходных лебёдок для освоения лесосек на горных склонах // *Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2022. С. 86—87.*
127. Оценка тягово-сцепных свойств движителя лесной гусеничной машины, работающей на склоне / Т. А. До, Г. В. Григорьев, В. А. Каляшов [и др.] // *Системы. Методы. Технологии*. 2022. № 2 (54). С. 78—84.

References

1. Kuznetsov A. V., Galaktionov O. N. Analysis of the production of logging machines in Russia. *Engineering Bulletin of the Don*, 2023, no. 4 (100), pp. 712—722. (In Russ.)
2. Dolzhikov I. S., Grigorev I. V. Prospects of using tractors of small traction class for import substitution in the field of forestry engineering of the Russian Federation. *Actual problems of forestry and wood processing: Materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Ed. by Yu. M. Kazakov [et al.]. Kazan, 2023, pp. 48—51. (In Russ.)
3. Dolzhikov I. S., Dmitriev A. S., Krivosheev A. A., Mikhailova L. M. Promising approaches to the development of domestic forestry engineering. *Promising resource-saving technologies for the development of the timber industry: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young scientists and students*. Voronezh, 2023, pp. 62—67. (In Russ.)
4. Werner N. N. Ways to solve the problem of providing enterprises of the forest complex with high-quality and safe products of forest engineering. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2023, no. 1, pp. 25—31. (In Russ.)
5. Shvetsova V. V. The possibilities of forestry universities in the development of domestic forestry engineering. *Innovations in the chemical and forestry complex: trends and development prospects: Materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Ed. by Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova. Krasnoyarsk, 2022, pp. 154—157. (In Russ.)
6. Grigorev I. V. Modern problems of import substitution in forestry engineering of the Russian Federation. *Innovations in the chemical and forestry complex: trends and prospects of development: Materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Ed. by Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova. Krasnoyarsk, 2022, pp. 165—169. (In Russ.)
7. Markov V. A., Ivanov A. M. Prospects for the use of additive technologies in forest engineering. *Collection of articles based on the materials of the scientific and technical conference of the Institute of Technological Machines and Transport of Forests based on the results of scientific research 2021: Materials of the conference reports*. Ed. by E. G. Khitrov. Saint Petersburg, 2022, pp. 277—279. (In Russ.)

8. Kuznetsov A. V. Problematics of the development of forestry engineering in Russia. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the IX All-Russian Scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 58—62. (In Russ.)
9. Mikhailova L. M., Kunitskaya O. A., Motovilov A. I. Prospects of machine systems based on small-scale mechanization for low-volume logging and forestry work. *Strategy and prospects for the development of agrotechnologies and the forest complex of Yakutia until 2050: A collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the formation of the Yakut ASSR and the 85th anniversary of the First President of the RS (Ya) M. E. Nikolaev (Nikolaev Readings)*. Yakutsk, 2022, pp. 735—742. (In Russ.)
10. Grigoreva O. I., Makuyev V. A., Baryshnikova E. V., Burmistrova O. N., Shvetsova V. V., Grigorev I. V., Ivanov V. A. Prospects for import substitution of machine systems for artificial reforestation. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 3 (55), pp. 78—84. (In Russ.)
11. Kurochkin P. A., Grigorev I. V., Grigoreva O. I. New approaches to the design of forestry equipment taking into account risks in the field of safety and labor protection. *Promising resource-saving technologies for the development of the timber industry: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young scientists and students*. Voronezh, 2023, pp. 72—77. (In Russ.)
12. Petukhov R. A. Timber industry complex of the Republic of Karelia: problems and solutions. *Prospects of science*, 2020, no. 1 (124), pp. 18—20. (In Russ.)
13. Shegelman I. R., Vasiliev A. S. On the issue of creating basic forest machines with a set of multifunctional technological equipment for economically efficient and environmentally safe development of forest resources. *Trends in the development of science and education*, 2020, no. 67-2, pp. 63—65. (In Russ.)
14. Kolotvina Yu. V., Palkin E. V. Novelties of import substitution for logging — forwarders AMKODOR. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the IX All-Russian Scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 46—50. (In Russ.)
15. Kolotvina Yu. V., Palkin E. V. Successful implementation of the import substitution program for AMKODOR machines. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the IX All-Russian Scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 50—54. (In Russ.)
16. Savinova Yu. A., Palkin E. V. AMKODOR-IT is the flagship of import substitution of Russian forestry engineering. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2020, pp. 169—173. (In Russ.)
17. Kalyashov V. A., Do T. A., Grigoreva O. I., Guryev A. Yu., Novogorodov D. V. Technological aspects of the safe work of forest fellers on mountain slopes. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 2, pp. 4—10. (In Russ.)
18. Kalyashov V. A., Do T. A., Grigoreva O. I., Guryev A. Yu., Novogorodov D. V. Modern technical solutions for ensuring the safe operation of forest machines on mountain slopes. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 2, pp. 11—25. (In Russ.)
19. Kalyashov V. A., Do T. A., Khitrov E. G., Grigoreva O. I., Guryev A. Yu., Novogorodov D. V. Modern machine systems and technologies of wood harvesting and reforestation in conditions of mountain logging sites. *Resources and Technology*, 2022, vol. 19, no. 2, pp. 1—47. (In Russ.)
20. Kalyashov V. A., Do T. A., Novogorodov D. V. Comparison of machine systems for harvesting wood on the slopes of mountains and hills. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the IX All-Russian Scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 42—46. (In Russ.)

21. Do T. A., Grigorev G. V., Kalyashov V. A., Guryev A. Yu., Khitrov E. G. Theoretical substantiation of the permissible average pressure on the ground of the propulsion of a forest machine operating on a slope. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 2 (54), pp. 72—77. (In Russ.)
22. Shegelman I. R., Budnik P. V. Justification of the departure of the manipulator and the modes of operation of the felling-skidding processor machine. *Scientific notes of Petrozavodsk State University*, 2011, no. 4 (117), pp. 81—83. (In Russ.)
23. Budnik P. V. Justification of the maximum departure of the manipulator of the felling-skidding-processing machine for various natural production conditions. *Severgeocotech-2011: Materials of the XII International Youth Scientific Conference*: In 5 parts. Ukhta, Ukhta State Technical University, 2011, pp. 16—21. (In Russ.)
24. Shegelman I. R., Skrypnik V. I. Felling-skidding-processor machine: Patent for a utility model. Application No. 200914475422(063722). (In Russ.)
25. Baklagin V. N., Budnik P. V. Substantiation of a universal logging machine for harvesting sortings and the technological process of production of fuel chips by mobile chopping machines at a logging site. *Karelian Scientific Research Institute of the Timber industry complex of Petrozavodsk State University*. Petrozavodsk, 2008. 22 p.: ill., bibl. 4. Dept. in VINITI RAS 04.08.2008, no. 660-V2008. (In Russ.)
26. Budnik P. V., Skrypnik V. I. Substantiation of the masses and volumes of bundles of trees harvested by a felling-skidding processor machine taking into account natural production conditions and logging areas. *Actual problems of the forest complex*, 2010, no. 27, pp. 3—6. (In Russ.)
27. Shegelman I. R., Budnik P. V., Skrypnik V. I., Baklagin V. N. Method of performing logging operations with an aggregate machine. Patent for invention RU 2426303 C2, 08/20/2011. Application No. 2009109914/21 dated 03/18/2009. (In Russ.)
28. Kunitskaya O. A., Krivosheev A. A., Shvetsov A. S., Grigoreva O. I., Makuyev V. A., Revyako S. I. Technological analysis of options for using felling-skidding-processor machines. *Resources and Technology*, 2024, vol. 21, no. 2, pp. 51—82. (In Russ.)
29. Shvetsov A. S., Krivosheev A. A., Dolzhikov I. S., Grigorev I. V., Kurochkin P. A., Grigoreva O. I. Rational methods of performing logging of forest plantations with a universal logging machine. *Herald of AGATHU*, 2024, no. 1 (13), pp. 48—65. (In Russ.)
30. Shvetsov A. S., Dolzhikov I. S., Grigorev I. V., Kurochkin P. A., Grigoreva O. I. Technology of cutting down the tracks of linear objects with a universal logging machine. *Herald of AGATHU*, 2024, no. 2 (14), pp. 104—121. (In Russ.)
31. Kunitskaya O. A., Krivosheev A. A., Shvetsov A. S., Stepanishcheva M. V., Revyako S. I., Druzyanova V. P. Technological processes of continuous and selective logging using universal logging machines. *System. Methods. Technologies*, 2023, no. 4 (60), pp. 106—112. (In Russ.)
32. Kunitskaya O. A., Krivosheev A. A., Shvetsov A. S., Grigoreva O. I. Basic rules for the safe operation of universal logging machines. *Safety and labor protection in logging and wood-working industries*, 2023, no. 6, pp. 33—42. (In Russ.)
33. Kunitskaya O. A., Makuyev V. A., Storodubtseva T. N., Kalita G. A., Revyako S. I., Timokhov. S. Problems of improving the quality of domestic forestry engineering. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 4 (56), pp. 57—63. (In Russ.)
34. Grigoreva O. I., Davtyan A. B., Grinko O. I. Prospects of import substitution in the production of forestry and forest fire fighting machines in Russia. *Forest exploitation and integrated use of wood: Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference*. Krasnoyarsk, 2020, pp. 66—69. (In Russ.)
35. Kunitskaya O. A., Stepanova D. I., Grigorev M. F. Promising directions for the development of transport and technological systems of the Russian forest complex. *Energy efficiency*

- and energy saving in modern production and society: Materials of the international scientific and practical conference. Under the general editorship of V. A. Gulevsky. Voronezh, 2018, pp. 109—114. (In Russ.)
36. Odliis D. B., Shegelman I. R. Analysis of the state of forestry engineering in the pre-reform economy of Karelia and the choice of promising directions for its development. *Microeconomics*, 2012, no. 1, pp. 73—75. (In Russ.)
 37. Alexandrov V. A. To the 100th anniversary of the birth of S. F. Orlov. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2010, no. 190, pp. 229—232. (In Russ.)
 38. Anisimov G. M., Kochnev A. M. The main directions for improving the operational efficiency of tracked skidding tractors. Saint Petersburg, Polytechnic University, 2007. 456 p. (In Russ.)
 39. Kunitskaya O. A., Petrov A. V., Krivosheev A. A., Shvetsov A. S., Dmitriev A. S., Mikhailova L. M. Analysis of the influence of natural and industrial conditions on the productivity of tractor skidding. *Herald of AGATHU*, 2023, no. 4 (12), pp. 102—149. (In Russ.)
 40. Rudov S. E., Werner N. N. Analysis of energy saturation of transport forest machines. *Transport and transport-technological systems: Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2016, pp. 274—278. (In Russ.)
 41. Shegelman I. R., Skrypnik V. I., Kuznetsov A. V., Vasiliev A. S. Trends in the development of modern Russian forestry engineering. *Engineering Bulletin of the Don*, 2016, no. 2 (41), p. 30. (In Russ.)
 42. Grigoreva O. I. Efficiency of transport and technological systems for forestry. *Transport and transport and technological systems: Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2018, pp. 79—83. (In Russ.)
 43. Goncharov A. V., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigorev M. F. The main errors of fellers leading to the failure of gasoline-powered saws. *Repair. Recovery. Modernization*, 2018, no. 10, pp. 17—21. (In Russ.)
 44. Patyakin V. I., Grigorev I. V., Redkin A.K., Ivanov V. I., Posharnikov F. V., Shegelman I. R., Shirnin Yu. A., Katsadze V. A., Valyazhonkov V. D., Bit Yu. A., Matrosov A. V., Kunitskaya O. A. *Technology and machines of logging operations*. Saint Petersburg, 2012. 362 p. (In Russ.)
 45. Kunitskaya O. A., Nikitina E. I. Ecological aspects of selective logging. *Ecological, economic and technological aspects of sustainable development of the Republic of Belarus and the Russian Federation: Collection of articles of the III International Scientific and Technical Conference «Minsk Scientific Readings 2020»: In 3 volumes*. Belarusian State Technological University, Representative Office of the Federal Agency for CIS Affairs, Compatriots Living Abroad, and International Humanitarian Cooperation (Rossotrudnichestvo) in the Republic of Belarus. Minsk, 2021, pp. 286—291. (In Russ.)
 46. Maiko I. P., Matveiko A. P., Friedrich A. P. To the use of shearing devices for power cutting. *Mechanization of logging and forest transport: Republican interdepartmental collection*. Belarusian Technological Institute named after S. M. Kirov. Minsk, 1979, pp. 9—13. (In Russ.)
 47. Nikiforova A. I., Grigoreva O. I., Kiselyov D. S., Khakhina A. M., Rudov M. E. Assessment of environmental safety of forest machinery. *Natural resources and ecology of the Far Eastern region: Materials of the International Scientific and Practical Forum*. Khabarovsk, 2013, pp. 134—138. (In Russ.)
 48. Gryazin V. A. Energy intensity as a factor of productivity of felling and skidding machines. *Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine*, 2009, no. 2, pp. 54—58. (In Russ.)
 49. Vysotsky M. S., Korobkin V. P., Zhukov A. V. The concept of developing machines for logging operations. *Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2: Forestry and woodworking industry*, 2000, no. 8, pp. 34—43. (In Russ.)

50. Kunitskaya O. A., Prosuzhikh A. A., Davtyan A. B., Grigorev M. F., Grigoreva A. I. Organizational and technical solutions for increasing the coefficient of technical readiness of forest machines. *Energy efficiency and energy conservation in modern production and society: Materials of the international scientific and practical conference*. Voronezh, 2020, pp. 162—167. (In Russ.)
51. Grigorev I. V., Tikhonov I. I., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Improving the design of the felling-packing machine. *Handbook. Engineering magazine*, 2014, no. 2 (203), pp. 57—60. (In Russ.)
52. Mohirev A. P., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I., Voynash S. A. Improving the design of full-turn logging machines on excavator bases. *Construction and road vehicles*, 2018, no. 6, pp. 43—49. (In Russ.)
53. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Logging machines on an excavator base. *Improving the efficiency of the forest complex: Materials of the IV All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Petrozavodsk, 2018, pp. 45—46. (In Russ.)
54. Nikitina E. I., Kunitskaya O. A., Nikolaeva F. V. The project of the organization of logging in the conditions of the Aldan forestry with the use of multi-operational logging complexes. *Modern problems and achievements of agricultural science in the Arctic: A collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian Student Scientific and Practical conference with international participation within the framework of the Northern Forum 2020 (September 29—30, 2020, Yakutsk) and the International Online Scientific Summer School 2020 (July 6—20, 2020, Yakutsk)*. Yakutsk, 2020, pp. 138—148. (In Russ.)
55. Kunitskaya O. A., Nikitina E. I., Nikolaeva F. V. Features of logging in the Republic of Sakha Yakutia. *Land management, land management, cadastre, geodesy and cartography. Problems and prospects of development: A collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 255th anniversary of Land Management in Yakutia and the Year of Science and Technology*. Yakutsk, 2021, pp. 308—313. (In Russ.)
56. Zhukov A. V., Fedorenchik A. S., Klokov D. V. The impact of propellers of forest wheeled vehicles on the soil and their patency indicators. *Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2: Forestry and woodworking industry*, 1998, no. 6, pp. 11—17. (In Russ.)
57. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Davtyan A. B. Modern technological equipment of felling and harvester machines. *Repair. Recovery. Modernization*, 2020, no. 7, pp. 9—16. (In Russ.)
58. Davtyan A. B., Kunitskaya O. A., Grigorev M. F., Stepanova D. I., Grigoreva A. I. Fundamentals of increasing the efficiency of machine systems for the creation and operation of forest plantations. *Actual problems of the forest complex*, 2020, no. 56, pp. 19—22. (In Russ.)
59. Davtyan A. B., Kunitskaya O. A., Grigorev M. F., Stepanova D. I. Assessment of the effectiveness of the creation and operation of energy forest plantations. *Energy efficiency and energy conservation in modern production and society: Materials of the international scientific and practical conference*. Voronezh, 2019, pp. 61—65. (In Russ.)
60. Gasparyan G. D., Davtyan A. B., Grigorev I. V., Markov O. B., Grigoreva O. I. Numerical study of wood harvesting indicators on forest plantations. *Resources and Technology*, 2021, vol. 18, no. 4, pp. 17—45. (In Russ.)
61. Grigorev I. V., Davtyan A. B., Grigoreva O. I. Choosing a system of machines for the creation and operation of forest plantations. *Land management, land management, cadastre, geodesy and cartography. Problems and prospects of development: A collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 255th anniversary of Land Management in Yakutia and the Year of Science and Technology*. Yakutsk, 2021, pp. 271—278. (In Russ.)

62. Rudov S. E., Khitrov E. G., Rudov M. E., Ustinov V. V. Calculation of traction and coupling properties of a wheel skidder using data from foreign colleagues. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 1 (12), pp. 223—228. (In Russ.)
63. Matveiko A. P. Calculation of productivity of felling and felling-packing machines. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 1989, no. 4, pp. 36—38. (In Russ.)
64. Yudina N. Yu. Analysis of factors affecting the productivity of felling, felling-packing machines. *Mathematical modeling, computer optimization of technologies, parameters of equipment and management systems of the forest complex: Collection of scientific papers*. Ed. by V. S. Petrovsky. Voronezh, Voronezh State Forestry Academy, 1997, pp. 37—40. (In Russ.)
65. Gushchina D. A., Danilenko O. K. On the issue of improving the efficiency of the technological process of logging operations. *Actual problems of the forest complex*, 2018, no. 52, pp. 6—9. (In Russ.)
66. Danilenko O. K., Sukhoi A. N. On the variety of factors influencing the efficiency of logging production. *Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences*, 2017, vol. 2, pp. 239—244. (In Russ.)
67. Sukhanov V. S. On the development of logging technology in Russia. *Bulletin of the Moscow State University of Forestry — Lesnoy Vestnik*, 2012, no. 4, pp. 46—49. (In Russ.)
68. Alexandrov V. A. Once again about the whip technology. *Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine*, 2013, no. 2 (332), pp. 108—114. (In Russ.)
69. Kunitskaya O. A., Tikhonov I. I., Burmistrova S. S., Grigorev I. V. Improving the efficiency of harvesting raw materials for mast-feeding plants during logging operations. *Scientific Review*, 2011, no. 4, pp. 78—83. (In Russ.)
70. Kunitskaya O. A., Tikhonov I. I., Kunitskaya D. E., Grigorev I. V., Zemtsovsky A. E. Optimization of the process of bucking whips at the timber processing bases of forest holdings when sawing raw materials for masthead mills. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 2014, no. 3 (339), pp. 86—93. (In Russ.)
71. Derbin V. M., Derbin M. V. Sortiment harvesting of wood during selective logging. *Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine*, 2016, no. 5 (353), pp. 123—131. (In Russ.)
72. Derbin V. M., Derbin M. V. Harvester operation technology for selective logging. *Forestry Journal*, 2016, vol. 6, no. 2 (22), pp. 69—75. (In Russ.)
73. Ryabukhin P. B., Kunitskaya O. A., Burgonutdinov A. M., Makuev V. A., Sivtseva T. V., Zdrauskaite N. O., Gerts E. F., Markov O. B. Improving the efficiency of forest companies by optimizing the key indicators of sustainable forest management: a case study of the Far East. *Forest Science and Technology*, 2022, vol. 18, no. 4, pp. 190—200.
74. Shvetsov A. S., Seryakov S. A., Kurochkin P. A., Kunitskaya O. A. Problems of safe operation of saw chain sets of forest machines. *Occupational safety and health in logging and wood-working industries*, 2024, no. 2 (14), pp. 24—35. (In Russ.)
75. Grigorev I. V., Petrov M. E. Additional technical options for improving the safety, reliability and energy efficiency of forest machines. *Bulletin of AGATU*, 2021, no. 3 (3), pp. 73—81. (In Russ.)
76. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Khitrov E. G., Kunitskaya O. A., Luneva E. N. Theoretical studies of forwarder productivity under restrictions of impact on soils. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 2021, no. 3 (381), pp. 101—116. (In Russ.)
77. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Khitrov E. G., Rudov S. E., Kunitskaya O. A., Kalita O. N. Influence of variable coefficients of resistance to movement and adhesion on forwarder performance. *The woodworking industry*, 2021, no. 1, pp. 3—16. (In Russ.)

78. Bukhtoyarov L. D., Abramov V. V., Prosuzhikh A. A., Rudov S. E., Kunitskaya O. A., Grigorev I. V. Analysis of structures and technologies of forwarders in logging. *Resources and Technology*, 2020, vol. 17, no. 3, pp. 1—35. (In Russ.)
79. Pecherin V. V., Chikulaev P.S. Sortimentnaya logging in the Republic of Karelia. *Proceedings of the Faculty of Forestry Engineering of PetrSU*, 2005, no. 6, pp. 43—46. (In Russ.)
80. Zalesov S. V., Opletaev A. S., Zverev A. A. Prospects for using the sorting technology of logging. *Agrarian Russia*, 2009, no. S2, pp. 25—27. (In Russ.)
81. Matrosov A. V., Bykovsky M. A. Modeling of the work and evaluation of the effectiveness of the system of cutting machines. *Bulletin of the Moscow State University of Forestry — Lesnoy Vestnik*, 2013, no. 1, pp. 107—111. (In Russ.)
82. Grigorev I. V. Parameters and performance indicators of a promising forwarder for low-volume logging. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2018, vol. 6, no. 4 (40), pp. 21—25. (In Russ.)
83. Grigoreva O. I., Bauer-Bimstein N. A., Trushevsky P. V., Mikhailova L. M., Grigorev I. V. The practice of carrying out machine cabins of care according to Scandinavian technology in the Perm region. *Bulletin of AGATU*, 2024, no. 2 (14), pp. 68—91. (In Russ.)
84. Ryabukhin P. B., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I. Justification of technological processes and systems of machines for logging operations. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 2023, no. 2 (392), pp. 88—105. (In Russ.)
85. Rudov S. E., Kunitskaya O. A. Theoretical studies of ecological compatibility of wheeled forest vehicles and permafrost soils of cryolithozone forests. *Transport and transport-technological systems: Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2020, pp. 323—326. (In Russ.)
86. Dolzhikov I. S., Kurochkin P. A., Khitrov E. G., Dyachenko V. M., Mikhailova L. M., Grigorev I. V., Revyako S. I. Intellectual analysis of parameters and classification of forest and agricultural wheeled tractors. *System. Methods. Technologies*, 2024, no. 2 (62), pp. 87—94. (In Russ.)
87. Zhukov A. V., Klokov D. V. Indicators of maneuverability of wheeled forest vehicles. *Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2: Forestry and woodworking industry*, 1999, no. 7, pp. 28—33. (In Russ.)
88. Seryakov S. A., Kunitskaya O. A., Udaltsov V. N. Analysis of modeling the mechanism of capture and feeding of the barrel of the harvester head. *Bulletin of AGATU*, 2024, no. 2 (14), pp. 92—103. (In Russ.)
89. Seryakov S. A., Kunitskaya O. A. Prospects of pulse processor heads in logging. *Wooden house building in the North: traditions and innovations: Collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Petrozavodsk, 2023, pp. 62—64. (In Russ.)
90. Seryakov S. A., Kunitskaya O. A., Grigoreva O. I. Safety and labor protection during operation and maintenance of pulsed harvester heads. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2023, no. 3, pp. 27—37. (In Russ.)
91. Seryakov S. A., Kunitskaya O. A., Vashutkin A. S., Gorbatov A. P. Functional features of pulsed harvester heads. *Actual problems of the development of the forest complex: Materials of the XX International Scientific and Technical Conference*. The responsible editor is E. A. Ivani-sheva. Vologda, 2022, pp. 332—336. (In Russ.)
92. Mohirev A. P., Kunitskaya O. A., Kalita G. A., Werner N. N., Shvetsova V. V. Assessment of the reliability of a logging harvester. *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 93—101. (In Russ.)

93. Karpachev S. P., Bykovsky M. A., Laptev A. V. On the issue of choosing a harvester head for forests of central Russia. *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 6, pp. 113—118. (In Russ.)
94. Kunitskaya O. A., Grigorev I. V. Evaluation of the efficiency of operators of forest machines. *Transport and transport-technological systems: Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2019, pp. 184—188. (In Russ.)
95. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Grigoreva O. I., Voynash S. A. The best practices of training operators of forest machines. *Construction and road vehicles*, 2020, no. 10, pp. 42—48. (In Russ.)
96. Derbin V. M., Derbin M. V. Substantiation of wood harve sting technology. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 2-1 (13-1), pp. 205—209. (In Russ.)
97. Mehrentsev A. V., Uraza A. F., Efimov Yu. V., Kashnikov G. V. Measures of non-financial support for enterprises of the forest complex for the transition to innovative technologies. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 3 (55), pp. 141—145. (In Russ.)
98. Soldatov A. V., Korkin E. S. Methodology for calculating the yield of round timber during bucking of birch and aspen whips. *Forests of the Urals and agriculture in them*, 2006, no. 27, pp. 309—314. (In Russ.)
99. Soldatov A. V., Korkin E. S., Preshkin G. A. Potential yield of sortings during bucking of birch and aspen whips with piece-by-piece longitudinal feeding. *Forests of the Urals and agriculture in them*, 2006, no. 27, pp. 319—323. (In Russ.)
100. Lozovoy V. A., Baldakov I. A., Mironov G. S. Results of structural analysis of production line equipment for bucking wood whips. *Bulletin of KrasGAU*, 2014, no. 5 (92), pp. 206—208. (In Russ.)
101. Rudov M. E., Werner N. N. Technology and machines for harvesting wood in conditions of a low-concentration logging fund. *Actual problems of the development of the forest complex: Materials of the XVII International Scientific and Technical Conference*. The responsible editor is Yu. M. Avdeev. Vologda, 2019, pp. 221—222. (In Russ.)
102. Grigorev I. V., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Comparison of single-machine complexes for wood sorting. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 125—128. (In Russ.)
103. Kunitskaya O. A. *Scientific substantiation of the parameters of machine systems based on small-scale mechanization for low-volume forest management and forestry work. Research and development: Grant No. 23-16-00092*. Moscow, Russian Scientific Foundation, 2023. (In Russ.)
104. Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Churakov A. A. Effective technologies and machine systems for low-volume wood blanks. *Energy: economics, technology, ecology*, 2018, no. 2, pp. 61—66. (In Russ.)
105. Shirnin Yu. A., Posharnikov F. V. *Technology and equipment of low-volume logging and reforestation*. Yoshkar-Ola, MarGTU, 2001. 396 p. (In Russ.)
106. Shirnin Yu. A., Handmoinikov K. P., Onuchin E. M. *The processes of complex development of forest fund plots in low-volume logging*. Edited by Yu. A. Shirnin. Yoshkar-Ola, MarGTU, 2005. 196 p. (In Russ.)
107. Kunitskaya O. A., Chernutsky N. A., Derbin M. V., Rudov S. E., Grigorev I. V., Grigoreva O. I. *Machine harvesting of wood using Scandinavian technology*. Saint Petersburg, Publishing and Printing Association of Higher Educational institutions, 2019. 192 p. (In Russ.)

108. Kunitskaya O. A. Proactive service for forest machines. *Improving the efficiency of the forest complex: Materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2020, pp. 86—87. (In Russ.)
109. Kalyashov V. A., Grigoreva O. I., Grigorev I. V. Promising options for forest restoration on slopes. *Bulletin of AGATU*, 2022, no. 1 (5), pp. 86—96. (In Russ.)
110. Kalyashov V. A., Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Comparative analysis of types of skidding on mountain slopes. *Herald of AGATHU*, 2022, no. 2 (6), pp. 41—59. (In Russ.)
111. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Conservation of biodiversity during timber harvesting in mountain forests. *Biodiversity. Bioconservation. Biomonitoring: The collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 75th anniversary of the Adygea State University*. Maykop, 2015, pp. 134—135. (In Russ.)
112. Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Modeling of the impact of forest machinery movers on the soils of logging areas. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 5-4 (16-4), pp. 320—323. (In Russ.)
113. Rudov S. E. Compaction of soil mounds in the logging areas of the cryolithozone. *Science and innovation: vectors of development. Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists: Collection of scientific articles: In 2 books*. Barnaul, 2018, pp. 103—106. (In Russ.)
114. Rudov S. E. Criterion of destruction of soils of forests of the cryolithozone under the influence of forest machines. *Transport and transport-technological systems: Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2019, pp. 298—303. (In Russ.)
115. Karasev Yu. A., Markov V. A., Dmitriev A. S., Dolzhikov I. S., Yudilevich A. M. Prospects for further research on the improvement of tracked forest machines. *Resources and Technology*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 42—86. (In Russ.)
116. Gerts E. F., Kunitskaya O. A., Runova E. M., Tikhonov E. A., Timokhov R. S., Mikhaylenko E., Chemshikova Ju., Perfiliev P. N. Forest conservation techniques in the Urals. *International Journal of Environmental Studies*, 2023, vol. 80, no. 4, pp. 1055—1064.
117. Hertz E. F., Kunitskaya O. A., Makuyev V. A., Dmitriev A. S., Tikhonov E. A., Grigoreva O. I. Environmental technologies for the development of cutting areas in the Sverdlovsk region. *The woodworking industry*, 2023, no. 1, pp. 52—63. (In Russ.)
118. Dyachenko V. M., Kalyashov V. A., Dolzhikov I. S., Dmitriev A. S., Guryev A. Yu., Novgorodov D. V., Novikov M. S. Long-term effects of the impact of forest machinery movers on the soils of northern forests. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2024, no. 3 (15), pp. 22—31. (In Russ.)
119. Guryev A. Yu., Grigorev I. V., Dmitriev A. S., Kalyashov V. A., Dolzhikov I. S., Dyachenko V. M. Experimental studies of environmental safety of forest machines with wheeled, tracked and semi-tracked propulsion when working on slopes. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2024, no. 1, pp. 59—68. (In Russ.)
120. Grigorev I. V., Dmitriev A. S., Kalyashov V. A., Dolzhikov I. S., Krivosheev A. A., Shvetsov A. S., Grigoreva O. I. Comparative analysis of the impact on soils of forest machines with various propellers on slopes. *System. Methods. Technologies*, 2024, no. 1 (61), pp. 122—129. (In Russ.)
121. Kalyashov V. A., Shapiro V. Ya., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Dolzhikov I. S., Druzyanova V. P. Formation of a track by a forest machine mover on the slope of a thawing cryolithozone soil, taking into account the solifluction effect. *News of higher educational institutions. Forest Journal*, 2024, no. 3 (399), pp. 140—152. (In Russ.)

122. Kunitskaya O. A., Guryev A. Yu., Novgorodov D. V., Novikov M. S., Kalyashov V. A. Interim results of the project «Theoretical and experimental substantiation of machine systems for logging and reforestation on slopes in a cryolithozone». *Improving the efficiency of the forest complex: Materials of the Ninth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2023, pp. 108—110. (In Russ.)
123. Do T. A., Zlobina N. I., Kalyashov V. A., Guryev A. Yu., Grigoreva O. I., Khitrov E. G. Theoretical studies of the influence of slope angle on the bearing capacity of soil during the operation of forest machines. *The woodworking industry*, 2022, no. 2, pp. 18—27. (In Russ.)
124. Do T. A., Zlobina N. I., Kalyashov V. A., Novgorodov D. V., Grigoreva O. I., Khitrov E. G. Substantiation of technological parameters related to the traction properties of a tracked vehicle operating on a slope. *The woodworking industry*, 2022, no. 2, pp. 3—12. (In Russ.)
125. Kalyashov V. A., Do T. A., Novgorodov D. V. Rules for the safe operation of forest machines on mountain slopes. *Improving the efficiency of the forest complex: Materials of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2022, pp. 87—89. (In Russ.)
126. Kalyashov V. A., Do T. A., Guryev A. Yu. Types of self-propelled winches for the development of logging areas on mountain slopes. *Improving the efficiency of the forest complex: Materials of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2022, pp. 86—87. (In Russ.)
127. Do T. A., Grigorev G. V., Kalyashov V. A., Novgorodov D. V., Grigoreva O. I., Khitrov E. G. Evaluation of traction properties of the propulsion of a forest tracked vehicle operating on a slope. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 2 (54), pp. 78—84. (In Russ.)

© Кривошеев А. А., Швецов А. С., Бурмистрова О. Н., Григорьев И. В.,
Ревяко С. И., Охлопкова М. К., 2024